



**TUGAS AKHIR - 141581**

# **CO-DIGESTION SAMPAH PASAR DAN FESES SAPI UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI BIOGAS**

**TRIFENA KARUNIA MARBUN**  
**03211440000081**

**Dosen Pembimbing**  
**Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, MT.**

**Departemen Teknik Lingkungan**  
**Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2018**



**TUGAS AKHIR - 141581**

# **CO-DIGESTION SAMPAH PASAR DAN FESES SAPI UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI BIOGAS**

**TRIFENA KARUNIA MARBUN**  
**03211440000081**

**Dosen Pembimbing**  
**Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, MT.**

**Departemen Teknik Lingkungan**  
**Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2018**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



**FINAL PROJECT- 141581**

# **CO-DIGESTION OF MARKET WASTE AND COW FECES FOR IMPROVING BIOGAS PRODUCTION**

**TRIFENA KARUNIA MARBUN**  
**03211440000081**

**Supervisor**  
**Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, MT.**

**Department of Environmental Engineering**  
**Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering**  
**Sepuluh Nopember Institute and Technology**  
**Surabaya 2018**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## LEMBAR PENGESAHAN

### CO- DIGESTION SAMPAH PASAR DAN FESES SAPI UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI BIOGAS

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:

**TRIFENA KARUNIA MARBUN**  
**NRP. 03211440000081**

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, MT.  
NIP. 195602041992032001



# **CO- DIGESTION SAMPAH PASAR DAN FESES SAPI UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI BIOGAS**

Nama Mahasiswa : Trifena Karunia Marbun  
NRP Mahasiswa : 03211440000081  
Pembimbing : Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, MT.

## **ABSTRAK**

Sampah organik banyak dihasilkan dari kegiatan di pasar. Yang mana sampah organik tersebut terdapat banyak limbah sayur-sayuran dan buah-buahan. Sampah organik tersebut biasanya dimanfaatkan menjadi kompos, pakan ternak, namun masih sering dibuang tanpa pengolahan. Sehingga menyebabkan timbunan sampah di TPA meningkat. Sampah organik seperti sampah pasar memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi yang ramah lingkungan untuk menghasilkan biogas, karena memiliki kandungan lignin, selulosa, dan hemiselulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai biogas. Penelitian ini juga menggunakan feses sapi sebagai substrat. Feses sapi ini juga dapat menjadi masalah bagi lingkungan apabila tidak diolah dengan baik. Feses sapi cocok sebagai bahan baku pembentukan biogas, karena memiliki rentang rasio C/N 25-30. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan komposisi sampah pasar dan feses sapi dan menentukan frekuensi pengadukan terhadap produksi biogas.

Penelitian ini direncanakan menggunakan 12 reaktor biogas volume 19 L dengan metode *intermittent*. Variasi perbandingan komposisi feses sapi dan sampah pasar adalah 100:0, 30:70, 50:50, 0:100. Total solid yang digunakan oleh seluruh reaktor adalah 30%. Frekuensi pengadukan untuk reaktor yang dilakukan pengadukan adalah 12 kali/hari dan 8 kali/hari selama 5 menit. Pengukuran volume biogas dengan menghitung kenaikan air pada manometer. Pengukuran kadar metan pada biogas dilakukan dengan menggunakan *Gas Chromatography* (GC) pada hari 15 dan 30. Penelitian diawali proses aklimatisasi terlebih dahulu selama 10 hari, untuk mendapatkan

mikoorganisme yang stabil. Setelah itu dilakukan proses intermitten dengan siklus 3 hari selama 30 hari. Pada awal penelitian juga dilakukan karakterisasi sampel, pengujian sampel dengan analisis BOD, total solid, volatil solid, VFA, alkalinitas, pH, rasio C/N. Pengukuran yang dilakukan tiga hari sekali adalah analisis total solid, volatil solid, lignin, selulosa, hemiselulosa dan pH di laboratorium. Dan dilakukan pengukuran VFA, C-organik, TKN, dan alkalinitas. Sedangkan suhu, dan volume biogas diamati setiap hari di workshop.

Reaktor dengan perbandingan feses sapi dan sampah pasar 30:70 dapat meningkatkan volume gas 97% lebih besar dibandingkan reaktor dengan 100% sampah pasar saja. Sedangkan frekuensi pengadukan 12 kali/hari dan 8 kali/hari tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap produksi biogas

**Kata Kunci: Co-Digestion, Biogas, Feses Sapi, Sampah Pasar, Pengadukan**



## **CO- DIGESTION MARKET WASTE AND COW FECES FOR IMPROVING BIOGAS PRODUCTION**

Student Name : Trifena Karunia Marbun  
NRP : 0321144000081  
Supervisor : Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, MT.

### **ABSTRACT**

Organic waste are most produced from market's activities. They contain of vegetable and fruit wastes. They are usually used to be compost or animal feed, but some of them are still thrown away without any treatments. It causes increasing of waste's volume in TPA. Organic wastes have potential to be used as energy source that's enviromental friendly, such as biogas. This research also used cow feces as a raw material.

Market wastes has potential to be used as enviromental friendly energy source to produce biogas. They contain lignin, cellulose, and hemicellulose that can be used as biogas. This research also uses cow feces as sustrate.Cow feces can be a problem to environment if it is not treated well. It is good as material for biogas, because it has ratio's range of C/N 25-30. The purposes of this research are to determine composition of market waste and cow feces, and to determine stirring's frequency to produce biogas.

This research uses twelve 19 L reactors with intermittent method. The composition's variants of cow feces and waste market are 100:0, 30:70, 50:50, 0:100 with Total solid 30% for each reactors. The variations of stirring frequency are 12 times/day and 8 times/day for 5 minutes. The measuring of biogas volume by measuring of water level in manometer. Measuring of methane rates by using Gas Chromatography (GC) on day 15 and 30. This research is started by doing acclimatization for 10 days to have stable microorganisms. After that, intermittent process can be done for 30 days. The characteristic of samples are examined in the beginning of this reserch by analized of BOD, Total Solid, Volatil Solid, VFA, pH, Alkalinity, and C/N. Total solid, volatil solid, lignin, and pH are

analyzed once 3 days at laboratory. VFA, Alkalinity, C-organic and TKN are analysed once 6 days. Temperature and biogas volume are observed everyday at workshop.

The Ratio of 30% of Cow feces and 70% of waste market can produce gas volume until 97% than 100% of waste market. Then, 12 times/day and 8 times/day don't give any significant difference for biogas production.

**Keywords : Co-Digestion, Biogas, Cow Feces, Market Waste, Stirring.**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan YME, berkat kasih, perlindungan dan pimpinanNYA, laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Tugas Akhir yang berjudul “Co-digestion Feses Sapi dan Sampah Pasar untuk Meningkatkan Produksi Biogas” ini ditulis untuk menyelesaikan Pendidikan S1 Program Sarjana Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulisan Laporan Tugas Akhir dapat terlaksana dengan baik atas bantuan dan bimbingan dari pihak-pihak yang terkait dalam pelaksanaannya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, MT. selaku Dosen Pembimbing saya yang telah sabar membimbing, memberikan arahan, dukungan dan saran.
2. Bapak Ir Bowo Djoko Marsono, Meng., Bapak Welly Herumurti, S.T., M.Sc., dan Ibu Ipung Fitri Purwanti, ST, MT., PhD selaku Dosen Pengarah dan Penguji yang memberikan arahan, saran, dan kritik yang membangun.
3. Bapak Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Lingkungan, FTSLK, ITS, Surabaya yang telah membantu kelancaran pembuatan Laporan Tugas Akhir.
4. Bu Harmin Sulistyaningtitah, ST, MT, Ph.D selaku koordinator tugas akhir Departemen Teknik Lingkungan, FTSP, ITS, Surabaya yang telah banyak membimbing dan membantu kelancaran pembuatan Laporan Tugas Akhir.
5. Teman-teman Departemen Teknik Lingkungan, FTSLK, ITS angkatan 2014 (Envijoyo), yang telah memberikan bantuan, semangat, dan dukungan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman angkatan 2015 dan 2016 (khususnya Reta, Reni, Shinta, Bernadet, Amira, Fia, dan Citra) yang telah memberikan bantuan fisik, doa, dan semangat dalam pengerjaan Tugas Akhir
7. Semua pihak yang membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulisan laporan ini telah dikerjakan dengan maksimal namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kesalahan, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Surabaya, 27 Juni 2018  
Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Ruang Lingkup .....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
1.1 Karakteristik Feses Sapi .....	5
2.2 Karakteristik Sampah Pasar .....	6
2.3 Pembentukan Biogas dari Proses <i>Anaerobic Digestion</i> .....	7
2.3.1 Tahap Hidrolisis .....	8
2.3.2 Tahap Asidogenesis .....	9
2.3.3 Tahap Asetogenesis .....	9
2.3.4 Tahap Metanogenesis .....	10
2.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Biogas .....	11
2.5 Pengaruh Pengaplikasian <i>Intermittent Feeding</i> .....	15
BAB 3 METODE PENELITIAN .....	21
3.1 Kerangka Penelitian .....	21
3.2 Tahapan Penelitian .....	23
3.2.1 Ide Penelitian .....	23

3.2.2 Rumusan Masalah .....	23
3.2.3 Studi Literatur .....	23
3.2.4 Alat dan Bahan .....	23
3.2.5 Perhitungan Rasio Campuran .....	24
3.2.6 Percobaan Pembuatan Biogas .....	27
3.2.7 Variabel Penelitian .....	29
3.2.8 Analisa Data .....	31
<b>BAB 4 PEMBAHASAN .....</b>	<b>33</b>
4.1 Karakteristik Bahan Baku .....	33
4.2 Proses Aklimatisasi .....	34
4.3 Kondisi Operasi pada Reaktor .....	38
4.3.1 Kondisi Suhu pada Reaktor .....	38
4.3.2 Kondisi pH pada Reaktor .....	42
4.3.3 C/N Rasio .....	44
4.3.4 Alkalinitas .....	46
4.3.5 Hemiselulosa Selulosa dan Lignin .....	48
4.3.6 VFA .....	55
4.4 Pengaruh Rasio Jumlah Sampah Pasar dan Feses Sapi ..	58
4.4.1 Penurunan Total Solid .....	58
4.4.2 Penurunan Volatil Solid (VS) .....	64
4.4.3 Penurunan Kandungan C Organik .....	69
4.4.4 Volume Kumulatif Biogas .....	73
4.4.5 Penurunan BOD .....	75
4.4.6 Perbandingan Hasil per Parameter terhadap Rasio Komposisi Bahan Baku .....	77
4.5 Pengaruh Frekuensi Pengadukan terhadap Pembentukan Biogas .....	80
4.5.1 Konsentrasi Gas Metan. ....	81
4.5.2 Analisis <i>Methane Yield</i> .....	82

4.5.3 Perbandingan Hasil per Parameter terhadap Frekuensi Pengadukan. ....	84
4.6 Uji ANOVA .....	88
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	91
5.1 Kesimpulan.....	91
5.2 Saran.....	91
DAFTAR PUSTAKA.....	93
LAMPIRAN .....	103
LAMPIRAN A Prosedur Analisis .....	103
LAMPIRAN B Hasil Analisis .....	109
LAMPIRAN C DOKUMENTASI.....	152
BIOGRAFI PENULIS .....	155

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Kerangka Penelitian.....	21
Gambar 3. 2 Reaktor Aklimatisasi 60L.....	26
Gambar 3.3 Detail Reaktor Biogas.....	28
Gambar 4. 1 Perubahan Suhu pada Reaktor terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 12 kali/hari. ....	39
Gambar 4. 2 Perubahan Suhu pada Reaktor terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 8 kali Sehari.....	40
Gambar 4. 3 Perubahan Suhu terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi tanpa Pengadukan .....	41
Gambar 4. 4 Perubahan pH pada Reaktor terhadap Komposisi Bahan baku, dengan frekuensi Pengadukan 12 kali sehari. ....	43
Gambar 4. 5 Perubahan pH pada Reaktor terhadap Komposisi Bahan baku, dengan frekuensi Pengadukan 8 kali sehari. ....	43
Gambar 4. 6 Perubahan pH terhadap Komposisi Bahan Baku, dengan Reaktor tanpa Pengadukan. ....	44
Gambar 4. 7 Penurunan C/N Rasio terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 12 kali/hari. ....	45
Gambar 4. 8 Penurunan C/N Rasio terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 8 kali/hari. ....	45
Gambar 4. 9 Penurunan C/N Rasio terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Tanpa Pengadukan. ....	46
Gambar 4. 10 Perubahan Alkalinitas terhadap Komposisi Bahan Baku dengan frekuensi Pengadukan 12 kali sehari.....	47
Gambar 4. 11 Perubahan Alkalinitas terhadap Komposisi Bahan Baku dengan frekuensi Pengadukan 8 kali sehari.....	47
Gambar 4. 12 Perubahan Alkalinitas terhadap Komposisi Bahan Baku, dengan frekuensi Pengadukan 8 kali sehari.....	48
Gambar 4. 13 Perubahan Kadar Lignin terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 12 kali/hari. ....	50

Gambar 4. 14 Perubahan Kadar Lignin terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 8 kali/hari. ....	50
Gambar 4. 15 Perubahan Kadar Lignin terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Tanpa Pengadukan.....	51
Gambar 4. 16 Perubahan Kadar Selulosa pada Reaktor dengan Frekuensi Pengadukan 12 kali/hari. ....	52
Gambar 4. 17 Perubahan Kadar Selulosa pada Reaktor dengan Frekuensi Pengadukan 8 kali/hari. ....	52
Gambar 4. 18 Perubahan Kadar Selulosa pada Reaktor dengan Frekuensi Tanpa Pengadukan. ....	53
Gambar 4. 19 Perubahan Kadar Hemiselulosa pada Reaktor dengan Frekuensi Pengadukan 12 kali/hari. ....	54
Gambar 4. 20 Perubahan Kadar Hemiselulosa pada Reaktor dengan Frekuensi Pengadukan 8 kali/hari. ....	54
Gambar 4. 21 Perubahan Kadar Hemiselulosa pada Reaktor dengan Frekuensi tanpa Pengadukan. ....	55
Gambar 4. 22 Perubahan Kadar VFA terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 12 kali/hari. ....	56
Gambar 4. 23 Perubahan Kadar VFA terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 8 kali/hari. ....	57
Gambar 4. 24 Perubahan Kadar VFA terhadap Komposisi Bahan Baku dengan tanpa Pengadukan.....	57
Gambar 4. 25 Penurunan TS terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Pengadukan 12 kali per hari .....	60
Gambar 4. 26 Hubungan antara Nilai TS dengan Konsentrasi CH <sub>4</sub> terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 12 Kali/Hari. ....	60
Gambar 4. 27 Penurunan TS terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 8 kali per hari.....	62
Gambar 4. 28 Hubungan antara Nilai TS dengan Konsentrasi CH <sub>4</sub> terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 8 Kali/Hari. ....	62

Gambar 4.29 Penurunan TS terhadap Komposisi Bahan Baku tanpa Pengadukan.....	63
Gambar 4.30 Hubungan antara Nilai TS dengan Konsentrasi CH <sub>4</sub> terhadap Komposisi Bahan Baku dengan tanpa Pengadukan .....	63
Gambar 4.31 Penurunan VS terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Pengadukan 12 kali per hari .....	65
Gambar 4.32 Hubungan antara Nilai VS dengan Konsentrasi CH <sub>4</sub> terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 12 Kali/Hari. ....	65
Gambar 4.33 Penurunan VS pada Reaktor dengan Frekuensi Pengadukan 8 kali per hari. ....	67
Gambar 4.34 Hubungan antara Nilai VS dengan Konsentrasi CH <sub>4</sub> terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 8 Kali/Hari. ....	67
Gambar 4.35 Penurunan VS pada Reaktor tanpa Pengadukan .....	68
Gambar 4.36 Hubungan antara Nilai VS dengan Konsentrasi CH <sub>4</sub> terhadap Komposisi Bahan Baku dengan tanpa Pengadukan.....	69
Gambar 4.37 Penurunan Kandungan C-Organik pada Reaktor dengan Frekuensi Pengadukan 12 Kali Sehari.....	70
Gambar 4.38 Hubungan antara Penurunan C-Organik dengan Kumulatif Gas dengan Frekuensi Pengadukan 12 kali/hari.....	70
Gambar 4.39 Penurunan Kandungan C-Organik pada Reaktor dengan Frekuensi Pengadukan 8 Kali Sehari.....	71
Gambar 4.40 Hubungan antara Penurunan C-Organik dengan Kumulatif Gas dengan Frekuensi Pengadukan 8 kali/hari.....	71
Gambar 4.41 Penurunan Kandungan C-Organik pada Reaktor dengan Frekuensi Pengadukan 8 Kali Sehari.....	72
Gambar 4.42 Penurunan Kandungan C-Organik pada Reaktor dengan Tanpa Pengadukan.....	72
Gambar 4. 43 Volume Kumulatif Biogas terhadap Komposisi Bahan Baku dengan frekuensi Pengadukan 12 Kali/hari .....	74

Gambar 4. 44	Volume Kumulatif Biogas, terhadap Komposisi Bahan Baku dengan frekuensi Pengadukan 8 Kali Sehari .....	74
Gambar 4. 45	Volume Kumulatif Biogas terhadap Komposisi Bahan Baku tanpa Pengadukan.....	75
Gambar 4.46	Penurunan nilai BOD terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Pengadukan 12 kali/hari. ....	76
Gambar 4.47	Penurunan Nilai BOD terhadap Komposisi Bahan baku dengan Pengadukan 8 kali/hari.....	76
Gambar 4.48	Penurunan Nilai BOD terhadap Komposisi Bahan baku dengan Tanpa Pengadukan.....	77
Gambar 4.49	Perbandingan Hasil per Parameter pada Frekuensi Pengadukan 12 kali/hari. ....	79
Gambar 4. 50	Perbandingan Hasil per Parameter pada Frekuensi Pengadukan 8 kali/hari .....	79
Gambar 4. 51	Perbandingan Hasil per Parameter pada Reaktor tanpa Pengadukan.....	80
Gambar 4. 52	Nilai <i>Methane Yield</i> terhadap Komposisi Bahan Baku. ....	83
Gambar 4. 53	Nilai <i>Methane Yield</i> terhadap Frekuensi Pengadukan.....	83
Gambar 4.54	Perbandingan Hasil per Parameter pada Reaktor dengan 100% Feses Sapi.....	86
Gambar 4.55	Perbandingan Hasil per Parameter pada Reaktor dengan rasio 30:70. ....	86
Gambar 4.56	Perbandingan Hasil per Parameter pada Reaktor dengan Rasio 50:50.....	87
Gambar 4.57	Perbandingan Hasil per Parameter pada Reaktor dengan Rasio 100% Sampah Pasar.....	87
Gambar 4. 58	Uji Anova <i>One Way</i> antara Kumulatif Gas dan Komposisi Bahan Baku. ....	89
Gambar 4.59	Uji Tukey Komposisi Bahan Baku terhadap Kumulatif Gas .....	89
Gambar 4.60	Uji ANOVA antara Variabel Pengadukan dengan Kumulatif Gas. ....	90

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Feses Sapi .....	5
Tabel 2. 2 Karakteristik Sampah Pasar .....	6
Tabel 2. 3 Komposisi Biogas Secara Umum .....	10
Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu .....	15
Tabel 3. 1 Kandungan Feses Sapi dan Sampah Pasar .....	24
Tabel 3. 2 Komposisi Berat Campuran Feses Sapi, Sampah Pasar, dan Air .....	25
Tabel 3. 3 Nilai C/N dari Komposisi Substrat .....	26
Tabel 3. 4 Variabel Penelitian .....	30
Tabel 3. 5 Parameter Uji Penelitian .....	31
Tabel 4. 1 Karakteristik Feses Sapi dan Sampah Pasar .....	34
Tabel 4. 2 Perbandingan Nilai TS dan VS Sebelum dan Sesudah Aklimatisasi .....	35
Tabel 4. 3 Perbandingan Nilai pH Sebelum dan Sesudah Aklimatisasi .....	35
Tabel 4. 4 Perbandingan Nilai VFA Sebelum dan Sesudah Aklimatisasi .....	36
Tabel 4. 5 Perbandingan Nilai Alkalinitas Sebelum dan Sesudah Aklimatisasi .....	36
Tabel 4. 6 Nilai BOD Sebelum dan Setelah Aklimatisasi .....	36
Tabel 4. 7 Nilai C-org Sebelum dan Sesudah Aklimatisasi .....	37
Tabel 4. 8 Nilai TKN Sebelum dan Sesudah Aklimatisasi .....	37
Tabel 4. 9 Rasio C/N Sebelum dan Sesudah Aklimatisasi .....	37
Tabel 4. 10 Konsentrasi Gas Metan .....	81
Tabel B. 1 Analisa pH .....	109
Tabel B. 2 Kondisi Alkalinitas .....	110
Tabel B. 3 Pengukuran Suhu .....	110
Tabel B. 4 Volume Gas .....	113
Tabel B. 5 Analisa VS .....	115
Tabel B. 6 Analisa TS .....	116
Tabel B. 7 Analisa C-organik .....	117
Tabel B. 8 Analisa Lignin .....	117
Tabel B. 9 Analisa Selulosa .....	118
Tabel B. 10 Analisa Hemiselulosa .....	119
Tabel B. 11 Analisis BOD .....	121

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **DAFTAR LAMPIRAN**

LAMPIRAN A Prosedur Analisis .....	103
LAMPIRAN B Hasil Analisis .....	109
LAMPIRAN C DOKUMENTASI.....	152





# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Saat ini kebutuhan energi sangat meningkat. Hal ini dipengaruhi adanya peningkatan pertumbuhan penduduk dan aktivitas manusia (Dinanti, 2016). Sumber energi yang selama ini banyak digunakan berasal dari bahan bakar fosil seperti batubara, minyak bumi, gas alam dan lain-lain (Guh, 2017). Bahan bakar fosil merupakan sumber energi yang proses terbentuknya memerlukan waktu jutaan tahun dan dapat dikatakan merupakan energi tidak terbarukan (Renkish, 2017). Selain merupakan energi tak terbarukan, penggunaan energi fosil mengakibatkan meningkatnya gas rumah kaca (Priyadi dan Erfan, 2016). Permasalahan yang dialami Indonesia saat ini terkait dengan penggunaan energi adalah produksi bahan bakar minyak bumi yang tidak dapat mengimbangi besarnya konsumsi bahan bakar minyak (Sadewo, 2014). Sehingga Indonesia harus mengimpor bahan bakar minyak untuk memenuhi kebutuhan energi setiap harinya. Sedangkan menurut (Jusuf, 2012), Indonesia mempunyai potensi luar biasa dalam pemanfaatan energi terbarukan, namun hingga saat ini pemanfaatannya sangat kecil. Sehingga perlu adanya usaha untuk mendapatkan energi yang terbarukan sesuai dengan Perpres No.5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN), untuk terwujudnya energi (primer) *mix* yang optimal pada tahun 2025 diharapkan energi terbarukan dapat berperan lebih dari 5%.

Menurut Cavinato *et al.* (2016), teknologi *Anaerobic Digester* merupakan salah satu solusi dalam pemanfaatan energi terbaru. *Anaerobic Digester* dianggap salah satu teknologi yang paling mudah diterapkan dan berkelanjutan, dan dapat menggunakan berbagai macam limbah seperti limbah pertanian, domestik organik, dan makanan (Cavinato *et al.*, 2016). Biogas merupakan sumber energi terbaru yang dapat diperoleh dari proses penguraian limbah organik dalam keadaan tanpa udara (*Anaerobic Digester*) (Zareei dan Khodaei, 2017).

Menurut Dinas Kebersihan dan Ruang Terbuka Hijau (DKRTH) Kota Surabaya, Jawa Timur, mencatat jumlah sampah yang masuk ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Benowo pada 2016 mencapai 1.500 ton per hari (Amaluddin, 2017). Dengan komposisi 60% sampah organik dan 40% organik. Menurut Fathoni *et al.* (2011), komposisi sampah pasar terdiri dari 89,14% sisa sayuran dan makanan serta 10,86% sisanya berupa sampah anorganik seperti plastik, kertas, kayu, logam, dan lain-lain. Hal tersebut membuktikan bahwa pasar salah satu sumber penghasil sampah organik terbesar. Sampah organik tersebut dimanfaatkan sebagai pakan ternak, kompos, dan sebagian besar dibuang ke TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) begitu saja (Nurhayati, 2014). Sehingga membuat timbulah sampah di TPA semakin meningkat, karena kurangnya reduksi timbunan sampah sebelum masuk ke TPA. Berdasarkan UU no. 18 tahun 2008 tentang pengolahan sampah, salah satu cara yang efektif dalam mengurangi jumlah timbulah sampah dari sumbernya adalah dengan memanfaatkan kembali sampah organik. Sampah organik seperti sampah pasar memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi yang ramah lingkungan untuk menghasilkan biogas, karena memiliki kandungan lignin, selulosa, dan hemiselosa yang dapat dimanfaatkan sebagai biogas (Razaul *et al.*, 2016)

Selain sampah pasar, pada penelitian ini akan digunakan feses sapi sebagai bahan biogas. Menurut Nielsen *et al.* (2009), apabila tidak diolah dengan baik, feses hewan akan menjadi sumber polusi udara dan air. Sektor peternakan bertanggungjawab atas 18% keseluruhan emisi gas rumah kaca. Pada umumnya feses sapi hanya digunakan sebagai pupuk namun pemanfaatan lain yang bisa dilakukan adalah memprosesnya menjadi sumber energi yang potensial dalam bentuk biogas karena feses sapi mempunyai nilai rasio C/N tinggi yaitu 20:1 (Khan dan Martin, 2016). Oleh karena itu, feses sapi cocok sebagai bahan baku pembentukan biogas untuk menaikkan rasio C/N. Menurut Windyasmara *et al.* (2012) rentang rasio C/N antara 25-30 merupakan rentang optimum untuk proses penguraian anaerob.

Salah satu faktor terpenting dalam pembentukan biogas adalah pengadukan. Proses pengadukan yang dilakukan secara berkala menghasilkan biogas dan produksi metana yang lebih tinggi dibandingkan pengadukan secara berkelanjutan (Kaparaju *et al.*, 2008). Menurut penelitian Zarkadas *et al.* (2015), pengadukan dapat meningkatkan produksi biogas 10%-30% dibandingkan tanpa pengadukan. Proposal ini akan mengkaji pengaruh pengadukan dalam meningkatkan produksi biogas serta variasi komposisi substrat feses sapi dan sampah pasar dalam pembentukan biogas.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi sampah pasar dan kotoran sapi dalam produksi biogas?
2. Bagaimana pengaruh pengadukan terhadap peningkatan produksi biogas?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari proposal ini adalah:

1. Menentukan rasio jumlah sampah pasar dan kotoran sapi dalam produksi biogas.
2. Menentukan frekuensi pengadukan terhadap produksi biogas.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari proposal ini adalah:

1. Penelitian pemanfaatan sampah pasar dan feses sapi sebagai substrat pembentukan biogas dapat dimanfaatkan oleh masyarakat khususnya yang berminat pencaharaian sebagai petani dan peternak sapi. Penelitian ini diharapkan mampu memaksimalkan limbah kotoran sapi dan sampah pasar.
2. Penelitian ini dapat membantu dalam pengaplikasian ilmu lingkungan khususnya untuk penanggulangan limbah sampah pasar dan pemanfaatannya sebagai substrat pembentuk biogas.

### **1.5 Ruang Lingkup**

Ruang Lingkup proposal ini adalah:

1. Bahan utama pembuatan biogas adalah feses sapi dari Rumah Potong Hewan (RPH) Pegirian dan sampah pasar yang berasal dari pasar di Keputran.
2. Teknologi pembuatan biogas adalah dengan metode anaerobik.
3. Proses intermitten, periode penambahan dan tidak ditambahkannya bahan baku dengan siklus 3 hari.
4. Variabel dalam penelitian ini adalah feses sapi, sampah pasar, variasi komposisi feses sapi dan sampah pasar, dan variasi frekuensi pengadukan secara manual.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 1.1 Karakteristik Feses Sapi

Feses sapi yang dibuang di lingkungan terbuka dapat menimbulkan bau yang tidak menyenangkan, polusi udara, dan gas rumah kaca termasuk: ammonia, *Volatile Organic Compounds* (VOC), hidrogen sulfida ( $H_2S$ ), dan partikulat. Gas-gas tersebut dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia. Selain polusi udara, emisi ammonia dari feses sapi dapat mencemari air tanah, dan menimbulkan eutrofikasi tanah. Feses sapi juga menimbulkan gas metan dan nitrogen oksida ( $N_2O$ ), keduanya merupakan gas rumah kaca terkuat (Tasnim *et al.*, 2017). Dalam proses pencernaan *Anaerobic Digestion* (AD), feses sapi merupakan material penting, karena memiliki rasio *Carbon/Nitrogen* (C/N) dan kapasitas *buffer* yang baik. Yang mana dapat menyeimbangkan substrat C yang biasanya ditambahkan untuk meningkatkan produksi biogas (Cavinato *et al.*, 2016). Feses sapi memiliki rasio C/N 25-30 yang memiliki potensial dalam pembentukan biogas (Windyasamara *et al.*, 2012). Karakteristik feses sapi dapat dilihat di Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Karakteristik Feses Sapi

Karakteristik Feses Sapi	Nilai
Total Solid (TS)	15,34 g/100 g $\pm$ 0,01 <sup>(a)</sup>
Volatil Solid	67,12 %TS $\pm$ 0,02 <sup>(a)</sup> 81,66 <sup>(c)</sup>
Organic Total Solid	10,29 g/100 g <sup>(a)</sup>
Zat Pati	20,01%TS $\pm$ 0,03 <sup>(a)</sup>
Sellulosa	19,53%TS $\pm$ 0,05 <sup>(a)</sup>
Karbon	33,66%TS $\pm$ 0,03 <sup>(a)</sup> 45,37% <sup>(c)</sup>
Nitrogen	2,01%TS $\pm$ 0,01 <sup>(a)</sup> 2,06 <sup>(c)</sup>
Hemiselulosa	23,5% <sup>(b)</sup>
Lignin	20,2% <sup>(b)</sup> 9,74% <sup>(c)</sup>
Fosfat	1,11% <sup>(b)</sup>
Kalium	0,56% <sup>(b)</sup>
C/N	16,6-25 <sup>(b)</sup> 21,92 <sup>(c)</sup>
Kadar Air	57,4% <sup>(c)</sup>
Hidrogen	5,44% <sup>(c)</sup>

Karakteristik Feses Sapi	Nilai
pH	7,9% <sup>(c)</sup>
Kadar Abu	11,8% <sup>(c)</sup>
P total	1,52% <sup>(c)</sup>

Sumber: <sup>(a)</sup>Wang *et al.* (2016)

<sup>(b)</sup>Widyasmara *et al.* (2012)

<sup>(c)</sup>Abdullah dan Pandebesie (2017)

## 2.2 Karakteristik Sampah Pasar

Limbah padat seperti limbah sayuran dan buah-buahan banyak dihasilkan dari pasar tradisional. Dan umunya banyak dibuang di TPS yang dapat menyebabkan masalah lingkungan seperti bau, gas rumah kaca, dan *leachate*. Hal itu disebabkan karena sifat dan komposisi sampah organik yang mudah membusuk dan menghasilkan bau. Berdasarkan kandungan kadar air dan organik, sampah pasar tersebut dapat diolah menggunakan pengolahan biologis seperti *Anaerobic Digestion* (AD) dibanding teknik lainnya seperti insinerasi dan komposting (Sitorus *et al.*, 2013). Menurut Razaul *et al.* (2016), sampah organik seperti sampah pasar memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi yang ramah lingkungan untuk menghasilkan biogas, karena memiliki kandungan lignin, selulosa, dan hemiselulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai biogas.

Namun, sampah pasar memiliki nilai pH yang rendah (4,18-5,3) dan perbandingan C/N di luar rentang optimum operasional AD. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan alternatif pencampuran co-substrat yang memiliki pH dan perbandingan C/N yang lebih tinggi misalnya feses sapi, sekam padi, dan beberapa jenis substrat lainnya. Pencampuran substrat juga meningkatkan laju produksi metana dan mengurangi biaya pengolahan (Zarkadas *et al.*, 2015). Berikut karakteristik sampah pasar pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Karakteristik Sampah Pasar

Karakteristik Sampah Pasar	Nilai
Total Solid	7,94% ± 0,83 <sup>(a)</sup>
Volatil Solid	9,390% <sup>(b)</sup> 6,74 <sup>(a)</sup>

Karakteristik Sampah Pasar	Nilai
Kadar Air	90,49% <sup>(b)</sup> 92,06 <sup>(a)</sup>
Oksigen	38,24%
Selulosa	37,2%TS ± 0,9
Lignin	6,09% <sup>(b)</sup>
Nitrogen	1,58% <sup>(b)</sup> 1,63 <sup>(a)</sup>
Organik Karbon	52,17% <sup>(b)</sup> 28,05 <sup>(a)</sup>
C/N	32,81 <sup>(b)</sup> 17,21 <sup>(a)</sup>
pH	5,6 <sup>(b)</sup> 5,28± 0,09 <sup>(a)</sup>

Sumber: <sup>(a)</sup>Wang *et al.* (2014).

<sup>(b)</sup>Abdullah dan Pandebesie (2017)

### 2.3 Pembentukan Biogas dari Proses *Anaerobic Digestion*

*Anaerobic Digestion* (AD) merupakan proses biologis yang kompleks dengan mengubah bahan mentah menjadi 'biogas', mengandung metan (50-75%), CO<sub>2</sub> (30-40%), hidrogen, H<sub>2</sub>S, dll. (Coombs,1990). AD telah diimplementasikan selama bertahun-tahun untuk manajemen limbah organik, limbah pertanian, dan feses hewan. Proses AD menentukan beberapa manfaat bagi lingkungan, seperti mengurangi emisi dan bau gas rumah kaca (Chiumenti *et al.*, 2009).

Selama proses AD, selulosa dan hemiselulosa mudah untuk diubah menjadi senyawa terlarut seperti asam lemak volatil (VFA). Akumulasi VFA dapat menyebabkan pengasaman sistem dan mengurangi hasil biogas, sedangkan kehadiran lignin dapat menurunkan hasil yang diharapkan (Yu *et al.*, 2014).

Menurut Shahriari *et al.* (2012) dan Chiumenti *et al.* (2009), proses AD dapat diklasifikasikan menurut kadar Total Solid (TS):

- Wet digestion* (fase cair – kadar solid rendah), dengan karakteristik TS < 20%.
- Semi dry digestion*, dengan karakteristik TS = 20%.
- Dry digestion*, dengan karakteristik TS > 20%.

Menurut Kothari *et al.* (2014), AD juga dapat diklasifikasikan sebagai berikut,

1. Berdasarkan Sistem *Input Substrat*,
  - a) *Batch Process*, wadah reaktor diisi dengan bahan baku dan diinokulasi di reaktor lainnya. Lalu ditutup dan ditinggal hingga seluruh proses penguraian berlangsung. Setelah itu, reaktor dikosongkan dan diisi dengan *batch* campuran organik yang baru.
  - b) *Continuous Process*, wadah reaktor diisi secara kontinyu dengan bahan baku yang diurai dan bahan baku yang telah sepenuhnya didegradasi dikeluarkan dari bagian bawah reaktor.
2. Berdasarkan Jumlah Tahapan.
  - a) *Single Steps*, seluruh tahapan degradasi terjadi di satu digester.
  - b) *Multi-Steps*, proses degradasi terdiri dari beberapa reaktor. Sering kali pada tahap pembentukan asam organik (asetogenesis) dipisahkan dari tahap pembentukan metan (methanogenesis).
3. Berdasarkan *Feedstock* yang digunakan.
  - a) *Co-digestion*, Material organik dicampur dengan beberapa substrat misalkan sampah pasar dan feses sapi. Tujuan dari penggabungan substrat adalah untuk mengatur rasio C/N sehingga optimum dalam meningkatkan produksi biogas.

Pengolahan limbah secara anaerobik mengakibatkan terjadinya transformasi makromolekul bahan organik menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana. Menurut Said (2006) terdapat 4 tahap proses anaerobik yaitu tahap hidrolisis, tahap asidogenesis, tahap asetogenesis, dan tahap metanogenesis sebagai berikut:

### **2.3.1 Tahap Hidrolisis**

Pada tahapan hidrolisis, mikrobia hidrolitik mendegradasi senyawa organik kompleks yang berupa polimer menjadi monomernya yang berupa senyawa tak terlarut dengan berat molekul yang lebih ringan. Lipida berubah menjadi asam lemak rantai panjang dan gliserin, polisakarida menjadi gula (mono dan disakarida), protein menjadi asam amino dan asam nukleat menjadi purin dan pirimidin. Konversi lipid berlangsung lambat

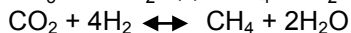
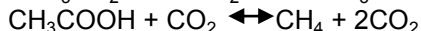
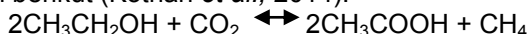




### 2.3.4 Tahap Metanogenesis

Pada tahap metanogenesis, terbentuk metana dan karbondioksida. Metana dihasilkan dari asetat atau dari reduksi karbondioksida oleh bakteri asetotropik dan hidrogenotropik dengan menggunakan hidrogen.

Tiga tahap pertama di atas disebut sebagai fermentasi asam sedangkan tahap keempat disebut fermentasi metanogenik (Lettinga *et al.*, 1994). Tahap asetogenesis terkadang ditulis sebagai bagian dari tahap asidogenesis. Fermentasi asam cenderung menyebabkan penurunan pH karena adanya produksi asam lemak volatil dan intermediet-intermediet lain yang memisahkan dan memproduksi proton. Metanogenesis hanya akan berkembang dengan baik pada kondisi pH netral sehingga ketidakstabilan mungkin muncul sehingga aktivitas metanogen dapat berkurang. Kondisi ini biasa disebut *souring* (pengasaman) (Lettinga *et al.*, 1994). Reaksi metanogenesis dapat ditulis sebagai berikut (Kothari *et al.*, 2014):



Terdapat dua kelompok mikroba dalam bakteri metanogen dalam menghasilkan produksi metan. Yaitu *aceticlastic methanogens* yang berfungsi untuk membagi asetat kepada gas metan dan gas karbondioksida, dan hidrogen memanfaatkan metanogen dengan menggunakan hidrogen meneruskan elektron sementara karbondioksida sebagai penerima elektron untuk menghasilkan gas metan (Kaswinarni, 2007). Produk akhir total dari proses AD dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Komposisi Biogas Secara Umum

Jenis Gas	Persentase (%)
Metana (CH <sub>4</sub> )	50-75% <sup>(a)</sup> 55-70% <sup>(b)</sup> 55-75% <sup>(c)</sup>
Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	25-50% <sup>(a)</sup> 30-45% <sup>(b)</sup> 25-45% <sup>(c)</sup>
Hidrogen Sulfida (H <sub>2</sub> S)	< 0,1-0,8 <sup>(a)</sup> 0-3% <sup>(c)</sup>

Jenis Gas	Persentase (%)
Hidrogen (H <sub>2</sub> )	1-5 <sup>(c)</sup>
Amonia (NH <sub>3</sub> )	< 0,1-1 <sup>(a)</sup>
Air (H <sub>2</sub> O)	6-6,5 <sup>(a)</sup>
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	3,9-4,1 <sup>(a)</sup> 0-0,3 <sup>(c)</sup>
Oksigen (O <sub>2</sub> )	0,9-1,1 <sup>(a)</sup> 0,1-0,5 <sup>(c)</sup>

Sumber: <sup>(a)</sup>Kwietniewska dan Tys, (2014), <sup>(c)</sup>Anggrani *et al.* (2012), <sup>(b)</sup>Zhang *et al.* (2016)

## 2.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Biogas

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap produksi biogas adalah sebagai berikut:

### - Kadar Air

Menurut Budiyo *et al.* (2014) dan Sadaka dan Engler (2003), terdapat dua alasan kadar air itu merupakan parameter yang sangat penting yaitu yang pertama karena air memungkinkan mikroba untuk bergerak dan bertumbuh untuk proses memutuskan dan mentransport nutrisi dan yang kedua air mereduksi jumlah transfer massa non homogen atau partikulat substrat. Dengan kadar air yang tepat dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri yang akan mempengaruhi produksi biogas bakteri yang akan mempengaruhi produksi biogas secara optimum (Wahyuningrum *et al.*, 2014). Pada sistem kering (*dry systems*) beroperasi dengan 30-40% bahan kering, sedangkan pada sistem basah beroperasi dengan 10-25% bahan kering (Kwietniewska dan Tys, 2014). Parameter yang menunjukkan kelembapan dan kadar air adalah *volatile solid* (VS) (Rukmini, 2016). Menurut penelitian Rukmini (2016), pada konsentrasi VS yang lebih kecil, diperoleh metana yang lebih besar.

### - Derajat Keasaman (pH)

Pada umumnya dengan nilai pH 6 – 7 produksi biogas tercapai secara optimum. Akan tetapi pada proses anaerob nilai pH memiliki kisaran tersendiri pada setiap tahap. Saat tahap hidrolisis nilai pH berkisar dibawah 6,4 (Kaswinarni, 2007) atau masih asam. Nilai pH yang terlalu rendah bisa saja menghentikan tahap selanjutnya yaitu proses fermentasi. Untuk nilai pH stabil produksi metana berkisar 7,2 – 8,2 (Yuwono dan Soehartanto, 2013). Mikroba anaerobik, khususnya mikroba methanogen, yang

sensitif terhadap konsentrasi asam di dalam *digester* dan dapat menghambat pertumbuhan mikroba tersebut (Kothari *et al.*, 2014).

- Waktu Tenggat

Waktu tenggat merupakan waktu yang diperlukan untuk mendapat proses degradasi bahan organik. Pada umumnya sekitar 15 – 30 hari waktu tenggat yang dibutuhkan pada reaktor mesofilik (Yuwono dan Soehartanto, 2013). Sedangkan menurut Kothari *et al.* (2014), waktu tenggat yang dibutuhkan pada reaktor mesofilik adalah 10-40 hari. Sedangkan waktu tenggat untuk reaktor termofilik adalah 14 hari. Waktu degradasi sangat berperan penting dalam pembentukan CH<sub>4</sub> (Ehimen *et al.*, 2011). Menurut Nagamani dan Ramasamy (1999), untuk mencapai waktu tenggat yang efektif tergantung pada tipe substrat dan *loading rate*, yang membutuhkan beberapa minggu. Apabila waktu tenggat lebih pendek, maka akan menimbulkan akumulasi VFA, apabila waktu tenggat lebih panjang dari pada waktu optimal, maka komponen *digester* tidak efektif dimanfaatkan.

- Suhu

Suhu degradasi memiliki pengaruh pada hasil akhir gas metan, beserta isinya. Pada suhu mesofilik (25-35°C), semakin tinggi temperatur semakin baik hasil gas metannya. Namun hasil metan tidak secara linear naik dengan meningkatnya suhu. Semakin tinggi suhu tidak menjamin semakin baik gas yang terbentuk. Wati dan Prasetyani (2011) menjelaskan bahwa, suhu mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dan kecepatan reaksi dalam pembentukan biogas. Proses produksi biogas dapat terjadi dalam dua rentang suhu, yaitu suhu mesofilik (25 -45 °C) dan rentang suhu termofilik ( 56 – 60 °C).

- Ukuran Partikel

Ukuran partikel juga memiliki peranan penting dalam bioproses, khususnya pada proses hidrolisis. Karena ukuran partikel yang kecil menyediakan luas area yang cukup untuk masuknya enzim dan ukuran partikel yang besar dapat menurunkan koefisien kecepatan penggunaan substrat (Mohammad *et al.*, 2016). Berdasarkan penelitian Gunamantha dan Yuningrat (2014), yang ukuran partikel berkisar 2-5 mm, menyatakan ukuran partikel mempengaruhi cepat lambatnya proses biodegradasi. Ukuran partikel yang kecil sangat

mendukung dalam proses pelarutan bahan-bahan organik guna menguraikan zat organik tersebut menjadi asam organik yang kemudian dikonversi menjadi  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$  (Widyastuti dan Suyantara, 2017)

- Perbandingan C/N

Komposisi substrat sangatlah penting untuk memperoleh proses biogas yang stabil dan efisien. Komposisi substrat menentukan jumlah rasio C/N. Rasio C/N dari substrat harus sekitar 20-30, untuk mendapatkan pertumbuhan mikroba yang optimal dalam *Anaerobic Digester* (Reisberg *et al.*, 2013). Jika rasio C/N sangat tinggi ( $>30$ ), akan menghambat pertumbuhan bakteri, sehingga laju produksi biogas rendah. Sedangkan apabila rasio C/N terlalu rendah, menyebabkan akumulasi nitrogen yang merupakan racun bagi bakteri (Zareei dan Khodaei, 2017).

- Frekuensi Pengadukan

Pengadukan harus dilakukan untuk memastikan terjadinya kontak intim antara mikroorganisme dan substrat, yang mana meningkatkan proses penguraian (Zareei dan Khodaei, 2017). Intensitas pengadukan juga berpengaruh atas kinerja *digester* dan produksi biogas (Stroot *et al.*, 2001).

Di dalam fermentasi anaerobik khususnya pada pembuatan biogas, pengadukan merupakan parameter penting. Pengadukan mempengaruhi kehidupan mikroba, karena terdapat pencampuran kembali atau menjadikan substrat dalam bioreaktor menjadi homogen. Proses yang tidak terdapat sistem pengadukan menyebabkan mikroba kurang optimal dalam mendapatkan nutrisi atau makanan saat aktifitas mikroba yang berlangsung menghasilkan gas metan (Yuwono dan Soehartanto, 2013).

Pengadukan yang berlebihan dapat merusak mikroorganisme dan sehingga pengadukan yang lambat lebih disukai (Kaswinarni, 2007)(Yuwono dan Soehartanto, 2013). Pengadukan dalam reaktor memiliki beberapa fungsi diantaranya untuk menjaga tidak terjadinya endapan di dasar reaktor, dikarenakan hal ini bisa menyebabkan terhambatnya aliran gas yang terbentuk di daerah dasar sehingga berpengaruh terhadap jumlah biogas yang akan dihasilkan (Yuwono dan Soehartanto,

2013). Menurut Subramanian (1978) menyebutkan bahwa pengadukan juga bertujuan untuk membebaskan (mengeluarkan) gelembung gas yang terperangkap dalam matriks sel mikroorganisme. Berdasarkan penelitian dari Abdullah dan Pandebesie (2017), frekuensi pengadukan 8 kali/hari selama 5 menit mampu meningkatkan produksi biogas hingga 36%.

- *Organic Loading Rate (OLR)*

OLR merupakan jumlah volatil solid yang dimasukkan ke dalam digester setiap harinya pada proses kontinyu. Ketika OLR meningkat, produksi biogas juga akan meningkat hingga pada tingkat tertentu. Namun pada saat di atas OLR optimal, hasil biogas akan menurun karena *overloading* (Kwietniewska dan Tyz, 2014). Pada awal fermentasi, penambahan material yang besar setiap hari akan menyebabkan perubahan signifikan pada lingkungan *digester* dan penghambat sementara aktivitas mikroba (Golueke *et al.*, 1957). Hal itu disebabkan karena mikroba hidrolisis/asidifikasi dapat memproduksi banyak *volatile fatty acid* (VFA) akibat substrat yang berlebih dalam waktu singkat. Sebagai konsekuensinya, pH akan turun, dan mikroba pembentuk metan tidak mampu untuk menkonversi banyak asam metan (Kwietniewska dan Tyz, 2014).

- Rasio Total Solid

Menurut Mustaqim *et al.* (2011), tiap bakteri memiliki kapasitas kebutuhan air sendiri, oleh karena itu perlu kapasitas tepat untuk mencapai aktifitas bakteri yang optimal. Berdasarkan penelitian dari Rahmansyah dan Pandebesie (2016), kadar total solid yang paling optimal adalah 30%.

- Inhibitor

- *Fatty Acid*

Rantai pendek *fatty acid* diproduksi dan digunakan sebagai nutrisi di dalam *digester* yang aktif. Namun memiliki efek tidak langsung seperti menurunkan nilai pH. Sedangkan rantai panjang *fatty acid* dapat menghambat aktivitas bakteri metanogen (Kwietniewska dan Tyz, 2014).

- Ammonia

Peningkatan ammonia dapat menurunkan aktivitas bakteri metanogenik (Kwietniewska dan Tyz, 2014).

- Makroelemen, mikroelemen, dan logam berat

Beberapa logam dapat meningkatkan produksi biogas. Namun disisi lain, beberapa makroelemen, mikroelemen dan logam berat dapat menyebabkan efek racun mikroba anaerobik (Kwietniewska dan Tyz, 2014).

## 2.5 Pengaruh Pengaplikasian *Intermittent Feeding*

Operasi Intermitten terdiri dari terhentinya proses *feeding* selama beberapa waktu (periode *feedless* dan stabilisasi), yang memungkinkan degradasi akumulasi substrat yang lebih optimal (Nadais *et al.*, 2011). *Intermittent Feeding* merupakan siklus periode penambahan dan tanpa penambahan bahan baku (Chan *et al.*, 2017). Intermittent Feeding dapat meningkatkan produksi biogas dan mengurangi terjadinya akumulasi LCFA (*Long Chain Fatty Acids*). Penelitian Chan *et al.* (2017) menggunakan siklus Intermitten 48 jam tanpa penambahan, dan 48 jam penambahan bahan baku. Pada periode *feedless* Penambahan periode penambahan bahan baku akan menyebabkan masalah seperti flotasi dan *washout*, karena adanya akumulasi bahan organik yang berlebih. Menurut penelitian Nadais *et al.* (2011), dengan siklus yang sama dengan penelitian Chan *et al.* (2017), dengan tersebut proses intermitten dapat menghasilkan 25% lebih besar produksi biogas dibandingkan proses kontinyu. Hal ini dapat diindikasikan bahwa proses *intermittent* dapat menghasilkan proses degradasi biologis organik yang lebih sempurna dan biomass yang dapat beradaptasi lebih baik.

Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu

Bahan Baku	Konsentrasi	Perlakuan	Hasil	Rujukan
Feses Sapi dan Sampah Pasar.	- Pada Total Solid 10%, komposisi feses sapi, limbah sayuran dan M-16 adalah	- Penambahan M-16. - Pengadukan 4 kali/ hari selama 5 menit. - Pengadukan	Pembentukan Biogas: - penambahan feses sapi dan M-16 dengan frekuensi pengadukan 8 kali dan total solid	Abdullah dan Pandebesie (2017).

Bahan Baku	Konsentrasi	Perlakuan	Hasil	Rujukan
	201 g dan 315 g dan 100 mL. - Pada Total Solid 20%, berat feses sapi dan limbah sayuran adalah 630 g dan 402 g dan 200 mL.	4 kali/ hari selama 5 menit. - Variasi Total Solid (TS) 10% dan 20%.	10% adalah 5.607 mL dan 1,498 mL. - Penambahan feses sapi dan M-16 dengan frekuensi pengadukan 4 kali dan total solid 10% adalah 4.208 mL dan 1.153 mL. - penambahan feses sapi dan M-16 dengan frekuensi pengadukan 8 kali dan total solid 20% adalah 8.768 mL dan 2.013 mL. - Penambahan feses sapi dan M-16 dengan frekuensi pengadukan 4 kali dan total solid 10% adalah	



Bahan Baku	Konsentrasi	Perlakuan	Hasil	Rujukan
			7.523 mL dan 3.028 mL.	
Sampah Makanan dan Limbah Domestik.	- 2 Kg sampah makanan dan Limbah domestik dengan rasio 0,09 (v/v).	-Proses Intermiten dengan siklus 2 hari. -Variasi <i>Organic Loading Rate</i> 2; 3; dan 4,5 g COD/L/hari. -Menggunakan Reaktor UASB ( <i>Up-flow Anaerobic Sludge Blanket</i> ).	- Total Produksi Biogas adalah 143,189, and 288 L untuk OLRs pada 2, 3, and 4.5 g COD/L/hari. - Efisiensi Removal COD saat proses intermiten untuk OLRs pada 2, 3, and 4.5 g COD/L/hari adalah $82 \pm 1,1\%$ , $75 \pm 0,9\%$ , $62 \pm 1,5\%$ .	Chan <i>et al.</i> (2017).
Kotoran Sapi dan Jerami Jagung .	- Reaktor 1200 L dengan volume larutan 800 L. - Pada TS 9% menggunakan rasio air 1:3.	- Variasi C/N 21,09, 26,76, dan 32,43. - Variasi Total Solid (TS) 9%, 12,4% dan 16,5%. - Variasi intensitas pengadukan	- Produksi Biogas paling optimum pada C/N 26,76; TS 9%, dan intensitas pengadukan 50 rpm yaitu 180 L/Kg. TS. - Sedangkan	Zareei dan Khodaei (2017).

Bahan Baku	Konsentrasi	Perlakuan	Hasil	Rujukan
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pada TS 12,4% menggunakan rasio air 1:2.</li> <li>- Pada TS 16,5% menggunakan rasio air 1:1.</li> </ul>	n 0, 50, dan 100 rpm.	Produksi Biogas paling rendah pada C/N 21,09; TS 16,5%, dan intensitas pengadukan 100 rpm yaitu 89 L/Kg. TS.	
Kotoran Ayam dan Eceng Gondok.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pada Total Solid 10%, dan rasio substrat 90: 10; 70:30; dan 50:50 komposisi eceng gondok, feses ayam dan air adalah 550 gr, 75 gram, 4,950 mL; 450 gr, 225 gr, 4,950 mL; dan 350 gr, 375 gr, 4,950 mL.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variasi Total Solid 10% dan 30%</li> <li>- Variasi Komposisi Substrat 90:10, 70:30, dan 50:50.</li> <li>- Variasi dengan dan tanpa <i>pre-treatment</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pembentukan biogas tertinggi pada reaktor dengan <i>pre-treatment</i> dengan rasio substrat dan total solid 70:30 dan 10% yaitu 439,1 mL. Diikuti reaktor tanpa <i>pre-treatment</i> dengan rasio substrat dan total solid 70:30 dan 10% yaitu 366,7 mL.</li> </ul>	Firdaus dan Pandebesie (2016).

Bahan Baku	Konsentrasi	Perlakuan	Hasil	Rujukan
	<p>- Pada Total Solid 30%, dan rasio substrat 90: 10; 70:30; dan 50:50 komposisi eceng gondok, feses ayam dan air adalah 1,650 gr, 225 gram, 3,850 mL; 1,350 gr, 675 gr, 3,850 mL; dan 1,050 gr, 1,125 gr, 3,850 mL.</p>			

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

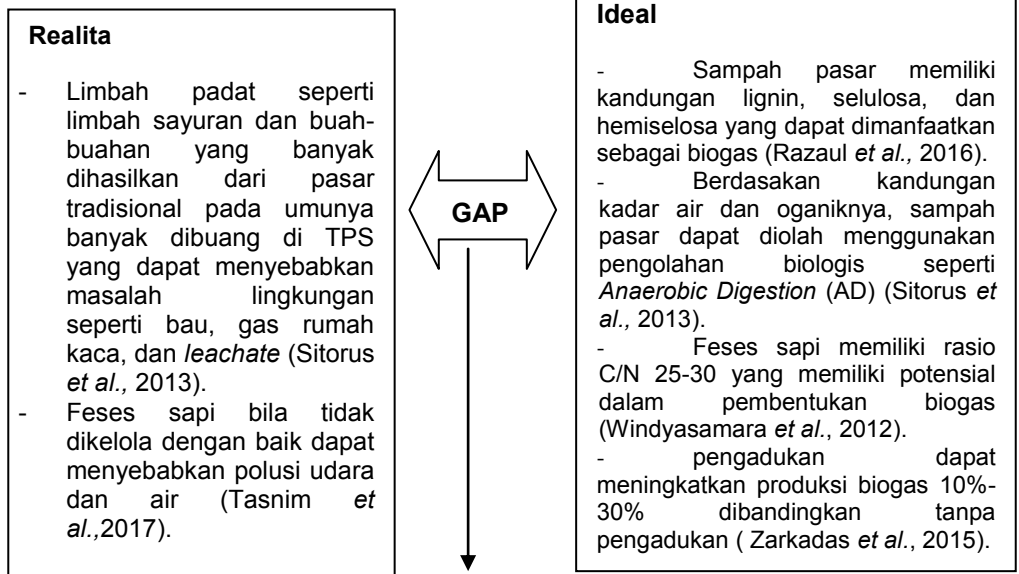
## BAB 3

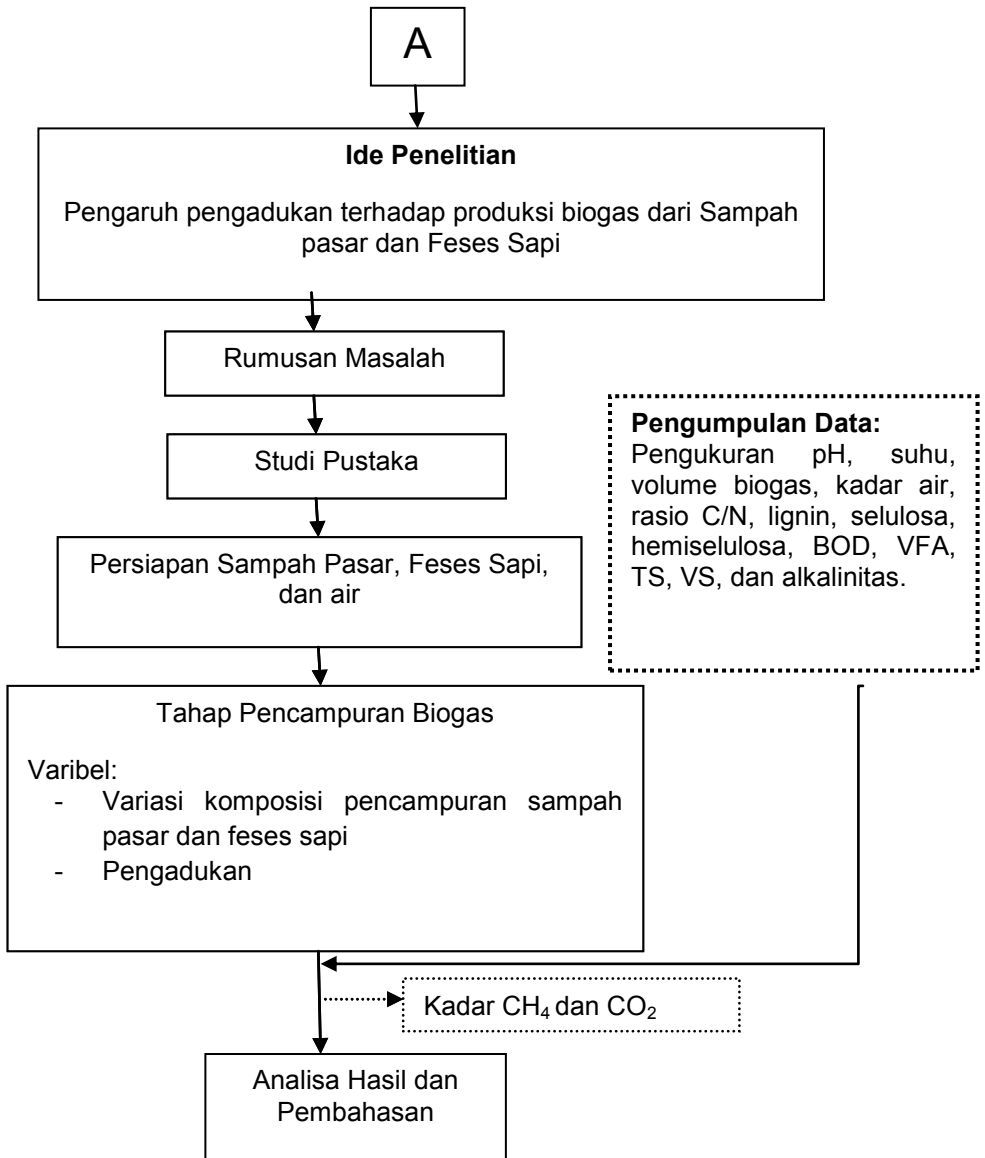
### METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan menentukan komposisi sampah dan kotoran sapi dalam memproduksi biogas dan pengaruh pengadukan dalam meningkatkan laju produksi biogas. Penelitian ini menggunakan proses intermitten, yaitu periode penambahan dan tidak ditamhakkannya bahan baku. Pada penelitian ini juga menentukan frekuensi pengadukan manual yang optimal dalam meningkatkan pembentukan biogas.

#### 3.1 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian adalah gambaran umum yang menjelaskan secara garis besar alur logika berjalannya sebuah penelitian. Penyusunan kerangka penelitian disusun berdasarkan pada tinjauan pustaka dan hasil penelitian yang relevan yang mendukung pada penelitian pengadukan pada produksi biogas dengan menggunakan sampah pasar dan feses sapi. Kerangka penelitian ini bermanfaat untuk membantu memudahkan pelaksanaan penelitian mencapai tujuan yang diinginkan, dan mengurangi kesalahan dalam penelitian. Kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1





Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

### **3.2 Tahapan Penelitian**

Untuk mempermudah pelaksanaan penelitian, dibutuhkan tahapan-tahapan penelitian yang baik. Berikut merupakan tahapan-tahapan penelitian dari proposal ini.

#### **3.2.1 Ide Penelitian**

Ide penelitian ini adalah pengaruh pengadukan terhadap produksi biogas dari sampah pasar dan feses sapi. Ide ini berasal dari adanya 'GAP' antara realita dengan teori yang ada, yaitu banyaknya sampah pasar dan feses sapi yang tidak dikelola secara optimal. Namun, dalam teori sampah pasar dan feses sapi memiliki potensial untuk menjadi bahan baku pembentukan biogas. Serta, pengadukan dapat meningkatkan produksi biogas.

#### **3.2.2 Rumusan Masalah**

Perumusan masalah yang ditinjau dalam penelitian ini meliputi kadar biogas yang dihasilkan dari variasi komposisi sampah pasar dan kotoran sapi serta pengaruh pengadukan dalam produksi biogas.

#### **3.2.3 Studi Literatur**

Pada studi literatur menggunakan teori dasar atau hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilaksanakan. Literatur tersebut berupa jurnal, hasil tugas akhir, tesis, buku teks, dan informasi dari berbagai sumber yang dapat digunakan dalam penelitian. Literatur yang digunakan ini meliputi pengetahuan tentang biogas, karakteristik sampah pasar, feses sapi, dan intensitas pengadukan.

#### **3.2.4 Alat dan Bahan**

Bahan- bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sampah pasar , feses sapi diambil dari RPH Pegirian Surabaya, dan air. Sementara alat-alat yang digunakan adalah *drum* 60 L, galon dengan kapasitas 19 L, balon mylar, *valve* air, pipa pvc ukuran ½ inci, selang pvc ukuran ½ inci, thermometer, papan tripleks, pengaduk, lem tembak, dan lem pipa PVC. toples 3 L plastik *sealware*.

### 3.2.5 Perhitungan Rasio Campuran

Pertama, pembentukan biogas dilakukan dengan mencampur feses sapi dan sampah pasar yang sudah dicacah dengan ukuran kurang lebih 2-5 mm dengan *blender*, dengan variasi pada Tabel 3.2. Sampah pasar sendiri terdiri dari sampah sayur-sayuran dan buah-buahan. Karena sampah-sampah tersebut banyak terdapat di pasar dan merupakan sampah organik yang dapat dijadikan bahan baku biogas. Pencampuran dilakukan pada drum 60 L, sesuai dengan variasi komposisi substrat. Terdapat 4 drum 60 L, dikarenakan terdapat 4 variasi komposisi. Variasi komposisi substrat tersebut berdasarkan thesis dari Rahmansyah dan Pandebesie (2016), yang menyimpulkan bawa perbandingan komposisi substrat 50:50 dengan total solid 30% dapat menghasilkan biogas lebih optimal. Serta dengan perhitungan dari Tcobanoglous *et al.* (1993) sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Kandungan Feses Sapi dan Sampah Pasar.

Parameter	Nilai	Sumber
C/N Sampah pasar	32,81	Abdullah dan Pandebesie (2017)
C/N Feses Sapi	21,92	Abdullah dan Pandebesie (2017)
Total Nitrogen (%) Sampah pasar	1,58	Abdullah dan Pandebesie (2017)
Total Nitrogen (%) Feses Sapi	2,06	Abdullah dan Pandebesie (2017)
Kadar Air Sampah pasar (%)	90,49	Abdullah dan Pandebesie (2017)
Kadar Air Feses Sapi (%)	57,4	Abdullah dan Pandebesie (2017)

#### Feses Sapi

- Kadar air dalam 1 kg =  $1 \text{ kg} \times 57,4\% = 0,574 \text{ kg}$ .
- Berat Feses Sapi =  $1 - 0,574 \text{ kg} = 0,426 \text{ kg}$ .
- Kadar N =  $2,06\% \times 0,426 \text{ kg} = 0,0087756 \text{ kg}$ .
- Kadar C =  $21,92 \times 0,0087756 \text{ kg} = 0,192 \text{ kg}$ .

#### Sampah Pasar

- Kadar air dalam 1 kg =  $1 \text{ kg} \times 90,49\% = 0,9049 \text{ kg}$ .
- Berat Sampah Pasar =  $1 - 0,9049 \text{ kg} = 0,0951 \text{ kg}$ .



- Kadar N = 1,58 % x 0,0951 kg = 0,00150258 kg.

- Kadar C = 32,81 x 0,00150258 kg = 0,0493 kg.

C/N optimal untuk pembentukan biogas adalah 25, oleh karena itu besar feses sapi yang diperlukan dalam 1 kg sampah pasar dan sebaliknya adalah sebagai berikut;

$$\begin{aligned} C/N= 25 &= \frac{C \text{ dalam 1 kg feses sapi} + x (C \text{ dalam 1 kg sampah pasar})}{N \text{ dalam 1 kg feses sapi} + x (N \text{ dalam 1 kg sampah pasar})} \\ &= \frac{0,192 \text{ kg} + x 0,0493 \text{ kg}}{0,00878 \text{ kg} + x 0,0015 \text{ kg}} \end{aligned}$$

x = 2,33 kg sampah pasar/ 1 kg feses sapi.

$$\begin{aligned} C/N= 25 &= \frac{C \text{ dalam 1 kg sampah pasar} + x (C \text{ dalam 1 kg feses sapi})}{N \text{ dalam 1 kg sampah pasar} + x (N \text{ dalam 1 kg feses sapi})} \\ &= \frac{0,0493 \text{ kg} + x 0,192 \text{ kg}}{0,0015 \text{ kg} + x 0,00878 \text{ kg}} \end{aligned}$$

x = 0,4286 kg feses sapi/ 1 kg sampah pasar.

Dari perhitungan tersebut, dapat dilihat bahwa nilai perbandingan komposisi substrat mendekati 30:70. Dalam pembentukan biogas ini, rasio total solid yang digunakan adalah 30%. Berdasarkan penelitian dari Rahmansyah dan Pandebesie (2016), total solid 30% merupakan variabel terbaik. Densitas dari sampah pasar dan feses sapi adalah 1,06793 gr/mL dan 1,34313 gr/mL. Sehingga berat substrat yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- Volume total = 54 L = 0,054 m<sup>3</sup>

- Berat Air = (100-30)% x 0,054 m<sup>3</sup> = 0,0378 m<sup>3</sup> = 37,8 L

Untuk Total Solid 30% dan Perbandingan Substrat 30:70.

- Berat feses sapi = 30% x 30% x 54 L x 1,34313 gr/mL x 10<sup>3</sup> mL/L = 6,53 kg

- Sampah pasar = 30% x 70% x 54 L x 1,06793 gr/mL x 10<sup>3</sup> mL/L = 12,11 kg

Sehingga untuk komposisi substrat 30:50, massa feses sapi dan sampah pasar adalah 6,53 kg dan 12,11 kg. Selebihnya dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3. 2 Komposisi Berat Campuran Feses Sapi, Sampah Pasar, dan Air

Perbandingan Substrat	Volume Air (L)	Berat Feses Sapi (kg)	Berat Sampah Pasar (kg)
0:100	37, 8	-	17,3

Perbandingan Substrat	Volume Air (L)	Berat Feses Sapi (kg)	Berat Sampah Pasar (kg)
30:70	37,8	6,53	12,11
50:50	37,8	10,88	8,65
100:0	37,8	21,76	-
Total	151,2	39,17	38,06

Untuk mengecek apabila komposisi berat campuran substrat di atas telah sesuai. Dilakukan pengecekan C/N, dari perhitungan sebelumnya.

- Untuk Perbandingan Substrat 30:70

#### Feses Sapi

- Kadar air dalam 1 kg = 1 kg x 57,4% = 0,574 kg.
- Berat Feses Sapi = 1 - 0,574 kg = 0,426 kg.
- Kadar N = 2,06% x 0,426 kg = 0,0087756 kg.
- Kadar C = 21,92 x 0,0087756 kg = 0,192 kg.

#### Sampah Pasar

- Kadar air dalam 1 kg = 1 kg x 90,49% = 0,9049 kg.
- Berat Sampah Pasar = 1 - 0,9049 kg = 0,0951 kg.
- Kadar N = 1,58 % x 0,0951 kg = 0,00150258 kg.
- Kadar C = 32,81 x 0,00150258 kg = 0,0493 kg.

Perhitungan C/N didapatkan dari rumus berikut,

C/N=

$$\frac{\text{massa feses sapi (C dalam 1 kg feses sapi)} + \text{massa sampah pasar (C dalam 1 kg sampah pasar)}}{\text{massa feses sapi (N dalam 1 kg feses sapi)} + \text{massa sampah pasar (N dalam 1 kg sampah pasar)}} = \frac{6,53 \text{ kg (0,192)} + 12,11 \text{ kg (0,0493)}}{6,53 \text{ kg (0,00878)} + 12,11 \text{ kg (0,0015)}} = 24,51$$

Menurut Reisberg *et al.* (2013), rasio C/N dari substrat harus sekitar 20-30, untuk mendapatkan pertumbuhan mikroba yang optimal dalam *Anaerobic Digester*. Berdasarkan perhitungan di atas nilai C/N dari perbandingan substrat 30:70 telah sesuai yaitu 24,51. Berikut hasil perhitungan C/N dari seluruh perbandingan substrat,

Tabel 3. 3 Nilai C/N dari Komposisi Substrat

Perbandingan Substrat (Feses sapi: Sampah pasar)	Nilai C/N
0:100	32,81
30:70	24,51
50:50	23,19

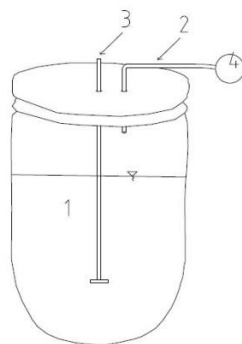
Perbandingan Substrat (Feses sapi: Sampah pasar)	Nilai C/N
100:0	21,89

Berdasarkan hasil perhitungan C/N di atas, semua komposisi susbrat telah memenuhi nilai C/N optimum pembentukan biogas, kecuali perbandingan substrat 0:100. Yang mana perbandingan substrat 0:100 terdiri dari 100% sampah sayur yang memiliki C/N sebesar 32,81.

### 3.2.6 Percobaan Pembuatan Biogas.

#### 1. Aklimatisasi

Setelah dilakukan pencampuran komposisi seperti pada tabel di atas, dilakukan proses aklimatisasi pada *drum* 60 L sebelum dibagi ke reaktor 19 L. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan mikroorganisme yang stabil yang mampu beradaptasi dengan lingkungannya. Dengan cara memperlakukan reaktor pada sistem *batch* atau tidak ditambahkan bahan baku terlebih dahulu dan belum diberikan perlakuan pengadukan. Proses aklimatisasi dilakukan selama 10 hari. Berdasarkan penelitian dari Utomo *et al.* ( 2014), sistem *batch* dilakukan selama 10 hari, dikarenakan pada hari kedua hingga keempat reaktor sudal reaktif stabil dan telah terjadi proses maturasi. Untuk mengetahui kondisi stabil tersebut, dilakukan pengukuran volume biogas setiap hari hingga dirasa reaktor telah menghasilkan gas. Reaktor *drum* 60 L dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Reaktor Aklimatisasi 60L

Keterangan gambar:

1. Drum 60 L.
2. Selang ½ inci.
3. Pengaduk.
4. Pengukuran Volume Gas.

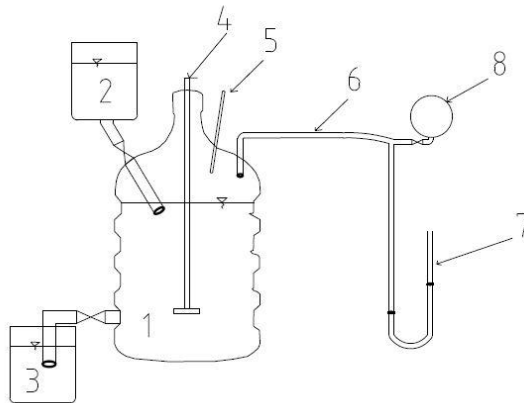
## **2. Percobaan Utama.**

Setelah dilakukan proses aklimatisasi, substrat dipindahkan ke reaktor 19 L. Setiap perbandingan substrat dipindahkan ke dalam 3 reaktor 19 L dengan masing-masing reaktor diisi kurang lebih 18 L substrat. Lalu pada hari ketiga setelah substrat dipindahkan ke reaktor 19 L, dilakukan proses intermitten dan dilakukan perlakuan frekuensi pengadukan. Siklus *intermittent* dilakukan 3 hari selama 30 hari. Penambahan bahan baku atau substrat sebanyak 1,8 L, bersamaan dengan pengambilan effluen substrat dari reaktor untuk diukur suhu, pH, dan volume biogas, kadar air, lignin, selulosa, hemiselulosa TS, dan VS. Untuk TS dan VS diukur pada influen dan effluen. Serta dilakukan pengukuran C, N, Alkalinitas, BOD, dan VFA setiap 6 kali sehari.

Frekuensi pengadukan dilakukan 8 kali/ hari selama 5 menit atau setiap 1,5 jam sekali/hari dan 12 kali/ hari selama 5 menit atau setiap 1 jam sekali/hari. Berdasarkan penelitian dari Abdullah dan Pandebesie (2017), frekuensi pengadukan 8 kali/hari selama 5 menit mampu meningkatkan produksi biogas hingga 36%. Dengan anggapan semakin sering dilakukan pengadukan, maka pembentukan biogas semakin baik. Oleh karena itu dipilih frekuensi pengadukan 1 jam sekali/hari.

Pada awal dan akhir proses aklimatisasi dilakukan pengukuran C/N, pH, VS, TS, VFA, BOD, Alkalinitas, dan suhu pada tiap substrat dan campuran substrat. Pengukuran tersebut dilakukan untuk mengetahui karakteristik awal dan akhir substrat dan campuran substrat. Lalu selama proses aklimatisasi diukur volume biogas setiap hari, untuk mengetahui aktivitas mikroorganisme dalam reaktor. Pada saat proses intermitten, diukur pH, volume biogas, suhu, selulosa, hemiselulosa, lignin, TS, dan VS selama 3 hari sekali. Untuk TS dan VS diukur influen dan effluen. Serta dilakukan pengukuran C, N, Alkalinitas, BOD, dan VFA setiap 6 kali sehari dan pada akhir penelitian. Pengukuran

tersebut untuk mengetahui aktivitas mikroorganisme selama proses pembentukan biogas. Pada hari ke- 15 dan ke-30, dilakukan pengukuran kadar Biogas. Hal ini dilakukan untuk melihat karakteristik akhir dari campuran substrat tersebut.



Gambar 3. 3 Detail Reaktor Biogas

Sumber: Abdullah dan Pandebesie (2017)

Keterangan gambar:

1. Reaktor 19 L.
2. Wadah Pencampur Substrat.
3. Wadah Effluen.
4. Pengaduk.
5. Thermometer.
6. Selang ½ inci.
7. Pengukuran Volume Gas.
8. Balon Mylar.

### 3.2.7 Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini ada 2, yaitu variasi komposisi sampah pasar dan feses sapi, serta variasi frekuensi

pengadukan. Variabel penelitian pertama adalah variasi komposisi sampah pasar dan feses sapi. Pada masing-masing reaktor dicampur dengan feses sapi dan sampah pasar dengan rasio komposisi masing-masing dapat dilihat pada Tabel 3.3. Variasi penelitian kedua yaitu frekuensi pengadukan. Setiap reaktor dengan variasi yang berbeda diberikan pengadukan manual dengan frekuensi 8 kali sehari selama 5 menit atau 1,5 jam sekali/hari dan 12 kali sehari selama 5 menit atau 1 jam sekali/hari.

**Tabel 3. 4 Variabel Penelitian**

No	Perbandingan substrat Feses Sapi : Sampah Pasar	Total Solid 30%		
		Pengadukan 12 kali/hari selama 5 menit	Pengadukan 8 kali/hari selama 5 menit	Tanpa Pengadukan
1	100:0	A100B12	A100B8	A100B0
2	30:70	A30B12	A30B8	A30B0
3	50:50	A50B12	A50B8	A50B0
4	0:100	A0B12	A0B8	A0B0

Keterangan:

- A100B12 = Perbandingan substrat 100:0, dengan frekuensi pengadukan 12 kali/hari.
- A100B8 = Perbandingan substrat 100:0, dengan frekuensi pengadukan 8 kali/hari.
- A100B0 = Perbandingan substrat 100:0, dengan tanpa pengadukan.
- A30B12 = Perbandingan substrat 30:70, dengan frekuensi pengadukan 12 kali/hari.
- A30B8 = Perbandingan substrat 30:70, dengan frekuensi pengadukan 8 kali/hari.
- A30B0 = Perbandingan substrat 30:70, dengan tanpa pengadukan.
- A50B12 = Perbandingan substrat 50:50, dengan frekuensi pengadukan 12 kali/hari.
- A50B8 = Perbandingan substrat 50:50, dengan frekuensi pengadukan 8 kali/hari.
- A50B0 = Perbandingan substrat 50:50, dengan tanpa pengadukan.

- A0B12 = Perbandingan substrat 0:100, dengan frekuensi pengadukan 12 kali/hari.
- A0B8 = Perbandingan substrat 0:100, dengan frekuensi pengadukan 8 kali/hari.
- A0B0 = Perbandingan substrat 0:100, dengan tanpa pengadukan.

Variasi komposisi substrat tersebut berdasarkan thesis dari Rahmansyah dan Pandebesie (2016), yang menyimpulkan bawa perbandingan komposisi substrat 50:50 dapat menghasilkan biogas lebih optimal. Untuk perbandingan substrat 30:70 didapatkan dari perhitungan C/N optimal di atas. Sedangkan untuk perbandingan substrat, 100:0, 0:100, merupakan variabel kontrol. Variasi frekuensi pengadukan didapatkan dari thesis Abdullah dan Pandebesie (2017), yang menyatakan bahwa pengadukan 8 kali/hari selama 5 menit meningkatkan produksi biogas hingga 36%. Dan untuk pengadukan 12 kali/hari selama 5 menit, dengan asumsi semakin sering frekuensi pengadukan, semakin meningkat produksi biogas. Sedangkan reaktor tanpa pengadukan digunakan untuk variabel kontrol.

### 3.2.8 Analisa Data

Pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisis pH, C-organik, N-total, BOD, VFA, Alkalinitas, Total Solid, Volatil solid, volume gas, kadar biogas dan kadar air yang dihasilkan.

Tabel 3. 5 Parameter Uji Penelitian

Parameter	Waktu Sampling	Metode Analisis
pH	tiga hari sekali	pH meter
Suhu	sehari sekali	Termometer
Volume Gas	sehari sekali	Pengukur Volume Gas
Kadar Air	tiga hari sekali	Gravimetri
Total Volatil Solid	tiga hari sekali	Gravimetri
Total Solid	tiga hari sekali	Gravimetri
Lignin, Selulosa, Hemiselulosa	tiga hari sekali	Chesson-Datta
Kadar Biogas	pada hari ke-15	Gas

Parameter	Waktu Sampling	Metode Analisis
	dan hari ke-30	Chromatography
C-organik	awal dan akhir aklimatisasi, 6 hari sekali.	Walkey and Black
N-organik	awal dan akhir aklimatisasi, 6 hari sekali.	Kjeldahl
Analisa BOD	awal dan akhir aklimatisasi, 6 hari sekali.	Iodometri (Winkler)
Alkalinitas	awal dan akhir aklimatisasi, 6 hari sekali.	Titration
<i>Volatile Fatty Acid</i>	awal dan akhir aklimatisasi, 6 hari sekali.	Distillation

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi pengadukan dan variasi komposisi sampah pasar dan feses sapi yang optimal dalam memproduksi biogas. Data hasil analisis pengaruh pengadukan dan variasi komposisi sampah pasar dan feses sapi selanjutnya dapat disajikan dalam bentuk grafik, tabel, dan penjelasan.



## **BAB 4**

### **PEMBAHASAN**

#### **4.1 Karakteristik Bahan Baku**

Sebelum dilakukan penelitian, maka perlu diketahui karakteristik dari bahan baku yang digunakan dalam pembentukan biogas. Bahan baku dalam penelitian ini adalah sampah sayur dan feses sapi. Karakteristik yang dianalisis adalah kadar air, total solid, volatil solid, dan C/N.

Feses sapi awal yang digunakan untuk penelitian ini berasal dari Rumah Potong Hewan (RPH) Pegirian, Surabaya. Sampah pasar yang digunakan berasal dari Pasar Keputran Surabaya. Sampah pasar yang digunakan adalah mudah terdegradasi seperti sampah sayur dan buah-buahan. Sampah pasar awal yang digunakan untuk penelitian ini berasal dari Pasar Keputran Surabaya. Perbandingan substrat sampah sayur dan feses sapi yaitu 30: 70, merujuk pada penelitian (Abdullah dan Pandebesie, 2017). Serta perbandingan bahan baku 50:50 berdasarkan perhitungan dari C/N optimal. Menurut Shahriari *et al.* (2012) dan Chiumenti *et al.* (2009), tujuan dari penggabungan bahan baku adalah untuk mengatur rasio C/N sehingga optimum dalam meningkatkan produksi biogas.

Pada penelitian ini dilakukan proses intermitten, karena pada pengaplikasiannya sampah pasar dan feses sapi terus dihasilkan setiap harinya. Sehingga dengan diaplikasikan dalam bentuk intermitten akan membantu untuk mengurangi timbunan sampah dibandingkan dalam bentuk *batch*. Sedangkan menurut Chan *et al.* (2017), pengoperasian AD menggunakan proses intermitten dapat menghasilkan 25% lebih besar produksi biogas dibandingkan proses kontinyu. Hal ini dapat diindikasikan proses *intermittent* dapat menghasilkan proses degradasi biologis organik yang lebih sempurna dan biomass yang dapat beradaptasi lebih baik.

Setelah 30 hari dilakukan proses intermitten, dilakukan proses *batch* untuk kontrol dan perbandingan hasil antara diberikan perlakuan intermitten dan perlakuan *batch*.

Tercantum pada Tabel 4.1, karakteristik sampah pasar dan feses sapi yang telah dianalisis.

Tabel 4. 1 Karakteristik Feses Sapi dan Sampah Pasar

Parameter	Feses Sapi	Sampah Pasar
Kadar Air	81,14%	77,84%
Total Solid	19%	22%
Volatil Solid	85%TS	51%TS
C	8,875%	6,278%
N	0,36%	0,15%
C/N	24,65	41,85

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan Tabel 4.1, nilai C/N dari feses sapi yang kecil serta nilai C/N sampah pasar dapat dilakukan co-digestion untuk meningkatkan produksi biogas.

#### 4.2 Proses Aklimatisasi

Pada penelitian ini dilakukan proses aklimatisasi (aktivasi) bakteri selama 10 hari di reaktor 80 L untuk menunjang proses asetogenik dan metanogenik. Setelah itu dilakukan penelitian utama di reaktor 19 L. Aklimatisasi adalah tahap mengkondisikan mikroorganisme agar dapat hidup dan melakukan adaptasi (Sudarsono *et al.*, 2008).

Dengan cara memperlakukan reaktor pada sistem *batch* atau tidak ditambahkan bahan baku terlebih dahulu dan belum diberikan perlakuan pengadukan. Proses aklimatisasi dilakukan selama 10 hari. Berdasarkan penelitian dari Utomo *et al.* (2014), sistem *batch* dilakukan selama 10 hari, dikarenakan pada hari kedua hingga keempat reaktor sudah realtif stabil dan telah terjadi proses maturasi.

Sampah pasar yang berupa sampah sayur dan buah-buahan yang telah dicacah, ditimbang sesuai dengan komposisi lalu dimasukkan ke dalam reaktor 80 L. Feses Sapi ditimbang ditimbang pula sesuai dengan komposisi dan dicampur dengan sampah pasar yang sudah ditimbang. Setelah itu ditambahkan air sebanyak 42 L dan diaduk hingga homogen. Setelah itu, reaktor

ditutup rapat, dan dibiarkan dalam kondisi *batch* selama 10 hari. Selama proses aklimatisasi berlangsung, dilakukan pengadukan sebanyak 2 kali sehari, untuk menghomogenkan substrat.

Untuk mengetahui proses aklimatisasi berjalan dengan baik, dilakukan analisis beberapa parameter sebelum dan sesudah proses aklimatisasi sebagai perbandingan. Parameter yang dianalisis adalah TS, VS, VFA, Alkalinitas, C, N pH, dan BOD. Berikut hasil analisis pada Tabel 4.2 hingga Tabel 4.9.

Tabel 4. 2 Perbandingan Nilai TS dan VS Sebelum dan Sesudah Aklimatisasi

REAKTOR	Sebelum Aklimatisasi		Setelah Aklimatisasi	
	TS (mg/L)	VS (mg/L)	TS (mg/L)	VS (mg/L)
30:70	30496	9800	45200	16350
50:50	28212	7632	76100	24160
100% SS	13500	6612	44020	21910
100% FS	48440	8692	59920	10590

Tabel 4. 3 Perbandingan Nilai pH Sebelum dan Sesudah Aklimatisasi

REAKTOR	pH Sebelum Aklimatisasi	pH Setelah Aklimatisasi
30:70	6,6	5.3
50:50	6,6	5,5
100% SS	5,4	5,1
100% FS	7,4	7,2

Tabel 4. 4 Perbandingan Nilai VFA Sebelum dan Sesudah Aklimatisasi

<b>REAKTOR</b>	<b>VFA Sebelum Aklimatisasi</b>	<b>VFA Setelah Aklimatisasi</b>
30:70	1000	3960
50:50	1200	6040
100% SS	3600	20640
100% FS	1200	8000

Tabel 4. 5 Perbandingan Nilai Alkalinitas Sebelum dan Sesudah Aklimatisasi.

<b>REAKTOR</b>	<b>Alkalinitas Sebelum Aklimatisasi</b>	<b>Alkalinitas Setelah Aklimatisasi</b>
30:70	1380	1640
50:50	820	1920
100% SS	800	1620
100% FS	1660	2200

Tabel 4. 6 Nilai BOD Sebelum dan Setelah Aklimatisasi.

<b>REAKTOR</b>	<b>BOD Sebelum Aklimatisasi (mmg/L)</b>	<b>BOD Setelah Aklimatisasi (mmg/L)</b>
30:70	16806,72	194805,2
50:50	8910,89	183028,29
100% SS	17821,78	30395,14
100% FS	18656,72	70422,54

Tabel 4. 7 Nilai C-org Sebelum dan Sesudah Aklimatisasi

<b>REAKTOR</b>	<b>C-org Sebelum Aklimatisasi</b>	<b>C-org Setelah Aklimatisasi</b>
30:70	0,85	1,91
50:50	0,72	1,01
100% SS	3,984	1,26
100% FS	1,27	1,36

Tabel 4. 8 Nilai TKN Sebelum dan Sesudah Aklimatisasi

<b>NAMA SAMPEL</b>	<b>TKN Sebelum Aklimatisasi</b>	<b>TKN Setelah Aklimatisasi</b>
30:70	0.02	0.19
50:50	0.03	0.15
100% SS	0.03	0.14
100% FS	0.03	0.18

Tabel 4. 9 Rasio C/N Sebelum dan Sesudah Aklimatisasi.

<b>NAMA SAMPEL</b>	<b>C/N Sebelum Aklimatisasi</b>	<b>C/N Setelah Aklimatisasi</b>
30:70	25.53	10.04
50:50	21.60	6.74
100% SS	92.93	9.03
100% FS	25.29	7.53

Berdasarkan perbandingan hasil analisis di atas. Proses aklimatisasi telah mencapai tahap asidogenesis, yang mana bahan organik dikonversi menghasilkan asam volatil seperti asam butirat dari karbohidrat dan asam propionat dari asam amino. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai pH yang turun dan nilai VFA serta Alkalinitas yang naik.

Nilai BOD, TS dan VS sesudah aklimatisasi mengalami kenaikan cukup besar. Kemungkinan pada saat itu terjadi proses Asidifikasi, yang mana nilai VFA naik. Berdasarkan Penelitian Yi *et al.* (2014), kenaikan VFA diikuti dengan kenaikan TS. Oleh karena itu, seluruh komponen seperti VS, C-org, dan TKN ikut mengalami kenaikan. Nilai C/N sebelum aklimatisasi pada reaktor 100% Feses Sapi, 30:70, 50:50 memiliki rentang rasio C/N 20-30, menurut Reisberg *et al.* (2013), rentang tersebut merupakan rentang dimana mikroba dapat bertumbuh secara optimal.

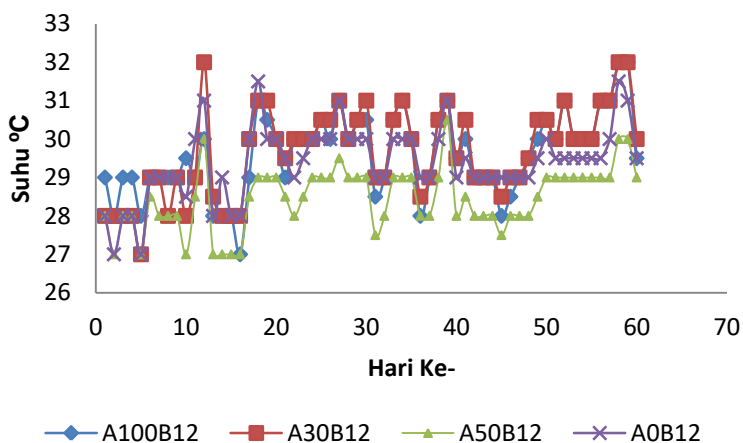
### **4.3 Kondisi Operasi pada Reaktor**

#### **4.3.1 Kondisi Suhu pada Reaktor**

Suhu memiliki peranan penting dalam pembentukan biogas. Pada suhu mesofilik (25-35°C), semakin tinggi temperatur semakin baik hasil gas metannya. Namun hasil metan tidak secara linear naik dengan meningkatnya suhu. Semakin tinggi suhu tidak menjamin semakin baik gas yang terbentuk. Wati dan Prasetyani (2011) menjelaskan bahwa, suhu mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dan kecepatan reaksi dalam pembentukan biogas.

Suhu pada setiap reaktor adalah termasuk rentang suhu mesofilik (25-35 °C). Berdasarkan pengamatan, seluruh reaktor memiliki pola perubahan suhu yang hampir sama. Pada hari ke-12, suhu seluruh reaktor naik hingga pada *range* suhu 30-32 °C. Reaktor dengan suhu tertinggi pada hari ke-12 adalah reaktor A30B12 yaitu 32 °C. Lalu pada hari ke-16, suhu tiap reaktor turun hingga pada *range* 27-28 °C. Pada hari ke-18, suhu pada seluruh reaktor naik dengan *range* 29-31.5 °C. Setelah hari ke-18, suhu pada reaktor relatif stabil, dengan *range* 28-31 °C. Menurut Tchobanoglous *et al.*, (2003), temperatur antara 25-35°C

secara umum lebih optimum untuk mendukung laju reaksi biologis. Kenaikan suhu menunjukkan bahwa pada tahap ini mikroorganisme berkembangbiak dengan cepat dan terjadi proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme (Wellinger *et al.*, 2014). Kenaikan suhu ini disebabkan oleh energi mikroorganisme yang digunakan untuk menguraikan bahan organik yang dibebaskan sebagai panas.



Gambar 4. 1 Perubahan Suhu pada Reaktor terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 12 kali/hari.

Keterangan:

A100B12: Komposisi 100% Feses Sapi, Frekuensi Pengadukan 12 Kali Sehari.

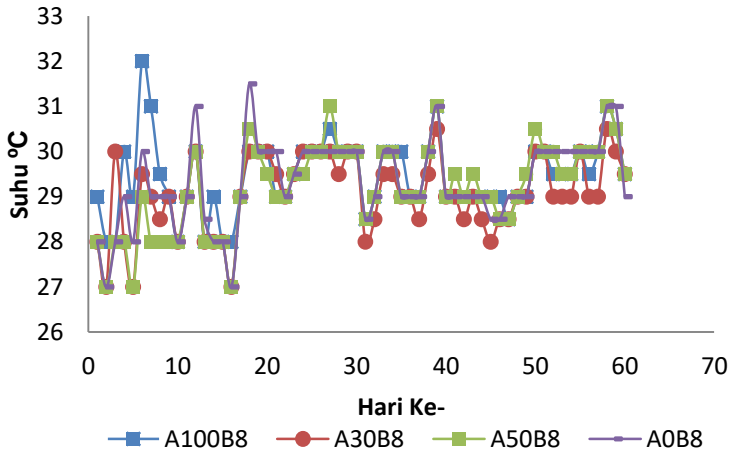
A30B12: Komposisi Feses Sapi dan Sampah Pasar 30:70, dengan Frekuensi Pengadukan 12 Kali Sehari.

A50B12: Komposisi Feses Sapi dan Sampah Pasar 50:50, dengan Frekuensi Pengadukan 12 Kali Sehari.

A0B12: Komposisi 100% Sampah Pasar. dengan Frekuensi Pengadukan 12 Kali Sehari.

Rata- Rata suhu pada reaktor A100B12, A30B12, A50B12, dan A0B12 adalah 29,35; 29,4; 28,3; dan 29,2. Sehingga rata-rata seluruh reaktor dengan frekuensi pengadukan 12 adalah 29,05. Reaktor A30B12 memiliki rata-rata suhu

tertinggi dibandingkan reaktor lainnya. Hal tersebut disebabkan pada reaktor A30B12, bakteri menghasilkan energi lebih besar untuk proses degradasi substrat dibandingkan dengan reaktor lainnya.



Gambar 4. 2 Perubahan Suhu pada Reaktor terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 8 kali Sehari.

Keterangan:

A100B8: Komposisi 100% Feses Sapi, Frekuensi Pengadukan 8 Kali Sehari.

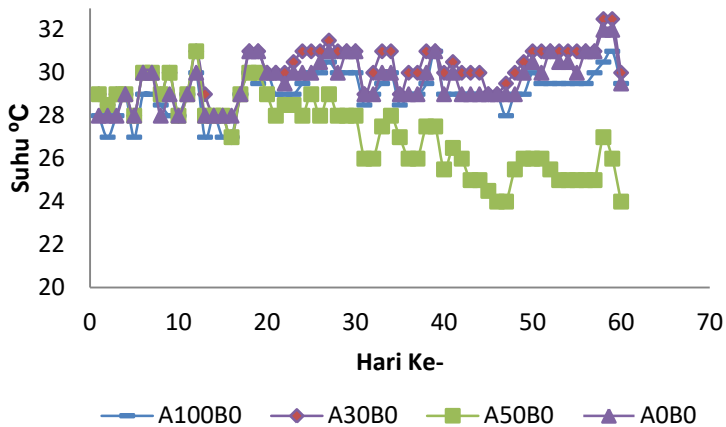
A30B8: Komposisi Feses Sapi dan Sampah Pasar 30:70, dengan Frekuensi Pengadukan 8 Kali Sehari.

A50B8: Komposisi Feses Sapi dan Sampah Pasar 50:50, dengan Frekuensi Pengadukan 8 Kali Sehari.

A0B8: Komposisi 100% Sampah Pasar. dengan Frekuensi Pengadukan 8 Kali Sehari.

Rata- Rata suhu pada reaktor A100B8, A30B8, A50B, dan A0B8 adalah 29,4; 29; 28,9; dan 29,2. Sehingga rata-rata seluruh reaktor dengan frekuensi pengadukan 8 kali/hari adalah 29,1. Reaktor A100B8 memiliki rata-rata suhu paling tinggi, berarti bakteri menghasilkan energi lebih besar dibandingkan reaktor lainnya.





Gambar 4. 3 Perubahan Suhu terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi tanpa Pengadukan

Keterangan:

A100B0: Komposisi 100% Feses Sapi, tanpa Pengadukan.

A30B0: Komposisi Feses Sapi dan Sampah Pasar 30:70, tanpa Pengadukan.

A50B0: Komposisi Feses Sapi dan Sampah Pasar 50:50, tanpa Pengadukan.

A0B0: Komposisi 100% Sampah Pasar, tanpa Pengadukan.

Rata- Rata suhu pada reaktor A100B0, A30B0, A50B0, dan A0B0 adalah 28,8; 29,7; 28,8; dan 29,4. Sehingga rata-rata seluruh reaktor dengan tanpa pengadukan adalah 29,2. Reaktor A30B0 memiliki rata-rata suhu tertinggi. Hal tersebut dikarenakan energi yang dihasilkan bakteri untuk mendegradasi substrat lebih besar dibandingkan reaktor lainnya.

Dapat dilihat pada hari ke- 1 hingga 9, suhu tidak terjadi perubahan yang signifikan, pada tahap tersebut terjadi tahap hidrolisis. Terjadi reaksi kimia yang mana bakteri hidrolisis mengubah senyawa polimer menjadi senyawa yang lebih sederhana (monomer), seperti asam organik, asam amino, dan glukosa. Pada hari ke- 10 hingga 16 terjadi proses asidifikasi,

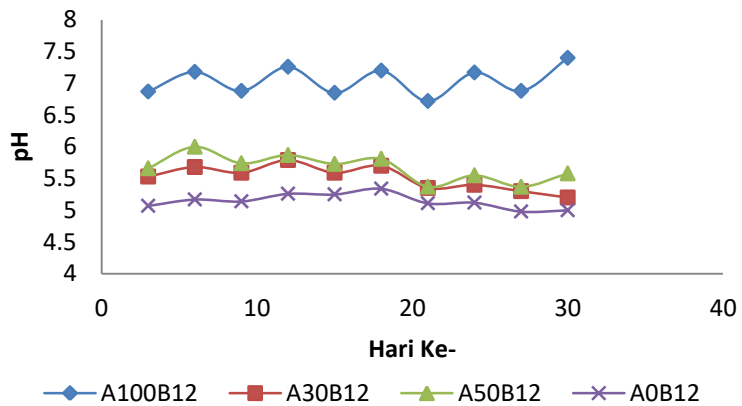
Pada rentang hari tersebut bakteri asidogenik akan mengubah produk hidrolisis menjadi senyawa organik sederhana seperti rantai pendek asam volatil, keton dan alkohol. Pada hari ke 17 hingga 21, terjadi proses astogenesis yaitu VFA diubah menjadi asam asetat dan hidrogen. Pada hari ke-22 hingga ke-30 telah mulai terjadi proses metanogenesis bakteri, yang mana bakteri metanogen membentuk metana dari metanol, asam asetat, atau hidrogen.

#### **4.3.2 Kondisi pH pada Reaktor**

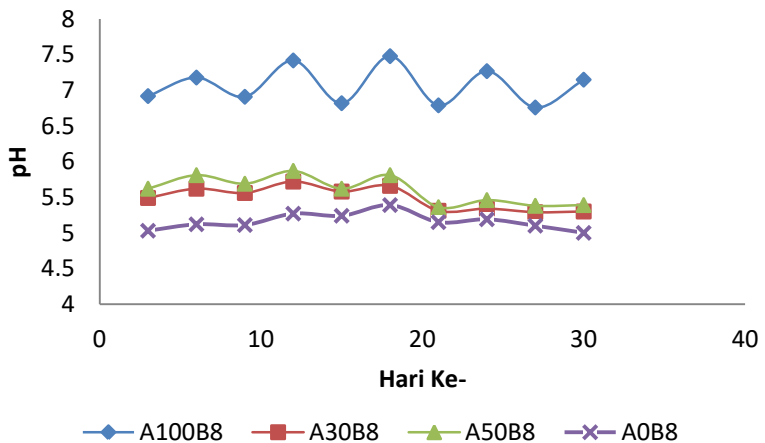
pH merupakan salah satu faktor penting dalam pembentukan biogas. Nilai pH optimum pada tahapan hidrolisis dan asidifikasi adalah 5,5-6,5 (Kothari et al., 2014). Sedangkan menurut Lee et al. (2009) nilai pH optimum tahap metanogenesis adalah 6,5-8,2. Sedangkan menurut Simamora *et al.* (2006) pH optimum bagi kehidupan mikroorganisme adalah 6,8-7,8. Nilai pH terbaik untuk digester adalah 7,0, apabila pH dibawah 6,5, maka aktivitas bakteri metanogen akan menurun. Sedangkan bila nilai pH dibawah 5,0 maka fermentasi akan terhenti (Yani dan Darwis, 1990).

Pada hasil pengamatan hanya reaktor dengan komposisi 100% feses sapi saja yang berada pada pH optimum tahap metanogenesis. Sedangkan reaktor lainnya berada pada pH optimum untuk asidifikasi. Oleh karena itu, bakteri metanogen tidak dapat optimal mengkonversi bahan organik menjadi metan. Nilai pH turun juga dapat disebabkan oleh pembentukan asam organik yang terakumulasi akibat reaksi kandungan organik yang tinggi (Yang et al., 2015). Hal tersebut juga dapat disebabkan oleh pH sampah pasar yang cenderung asam, sehingga pada seluruh reaktor A30, A50, dan A0 yang terdapat komposisi sampah pasar memiliki pH dibawah 6. Sebaiknya diperlukan *buffer* untuk meningkatkan pH hingga netral, agar proses degradasi dapat berjalan dengan baik.

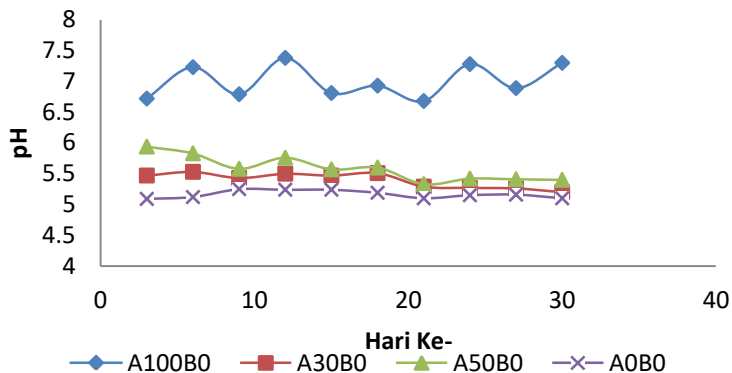
Perlakuan intermitten mengakibatkan nilai pH pada tiap reaktor mengalami fluktuasi. Karena adanya bahan baku yang dimasukkan tiga hari sekali dengan nilai pH yang sedikit berbeda.



Gambar 4. 4 Perubahan pH pada Reaktor terhadap Komposisi Bahan baku, dengan frekuensi Pengadukan 12 kali sehari.



Gambar 4. 5 Perubahan pH pada Reaktor terhadap Komposisi Bahan baku, dengan frekuensi Pengadukan 8 kali sehari.



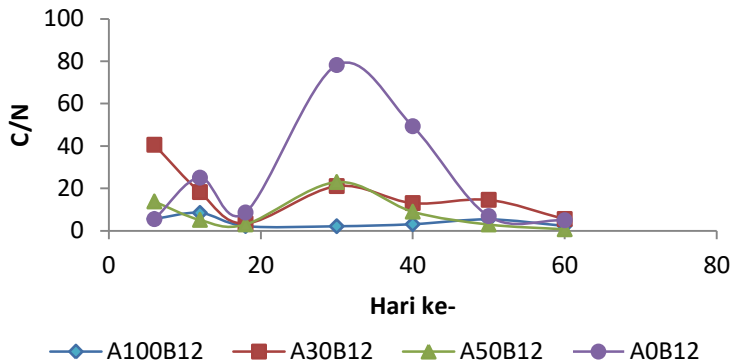
Gambar 4. 6 Perubahan pH terhadap Komposisi Bahan Baku, dengan Reaktor tanpa Pengadukan.

Berdasarkan Gambar 4.4 hingga Gambar 4.6 dapat diketahui pada hari ke-18 hingga 21 terjadi proses asidifikasi dan asetogenesis. Yang mana pada tahap tersebut terjadi proses pembentukan asam, seperti rantai pendek asam volatil, dan asam asetat. Sehingga dapat dilihat nilai pH pada seluruh reaktor mengalami sedikit penurunan. Untuk seluruh reaktor A30, A50, dan A0, nilai pH tidak mengalami kenaikan, seperti reaktor A100. Hal tersebut dapat terjadi karena laju pembentukan VFA lebih besar dibandingkan laju pembentukan metan. Hal tersebut juga dapat disebabkan nilai pH sampah pasar yang dimasukkan pada saat intermitten berada dibawah 5,0.

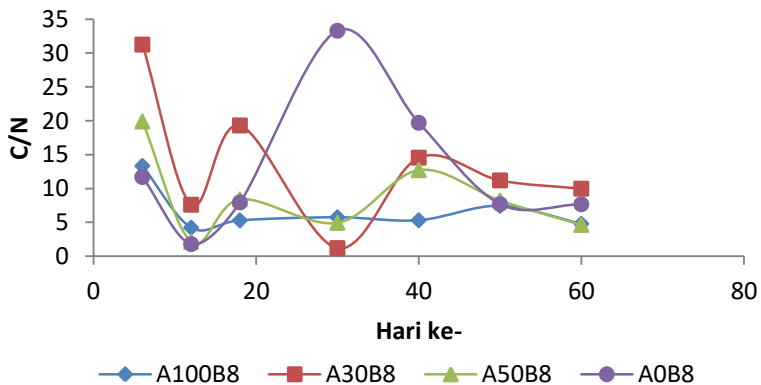
#### 4.3.3 C/N Rasio

Dalam pembentukan Biogas, C/N rasio merupakan faktor yang sangat penting, karena sangat menentukan kehidupan dan aktivitas mikroorganisme. Jika rasio C/N sangat tinggi (>30), maka akan menghambat pertumbuhan bakteri, sehingga laju produksi biogas rendah. Sedangkan apabila rasio C/N terlalu rendah, menyebabkan akumulasi nitrogen yang merupakan racun bagi bakteri (Zareei dan Khodaei, 2017). Rasio C/N akan mengalami penurunan setelah mengalami fermentasi. Hal tersebut disebabkan oleh unsur karbon dan bahan organik lainnya telah didekomposisi oleh bakteri.

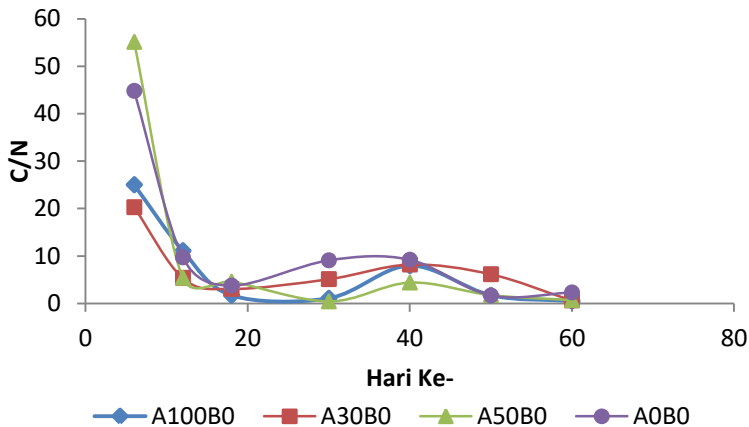
Berdasarkan grafik-grafik dibawah, C/N rasio mengalami fluktuasi. Hal tersebut dikarenakan adanya proses intermitten secara 3 hari sekali selama 30 hari pertama. Walaupun mengalami fluktuasi, C/N rasio mengalami proses penurunan yang diakibatkan adanya degradasi bahan organik.



Gambar 4. 7 Penurunan C/N Rasio terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 12 kali/hari.



Gambar 4. 8 Penurunan C/N Rasio terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 8 kali/hari.



Gambar 4. 9 Penurunan C/N Rasio terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Tanpa Pengadukan.

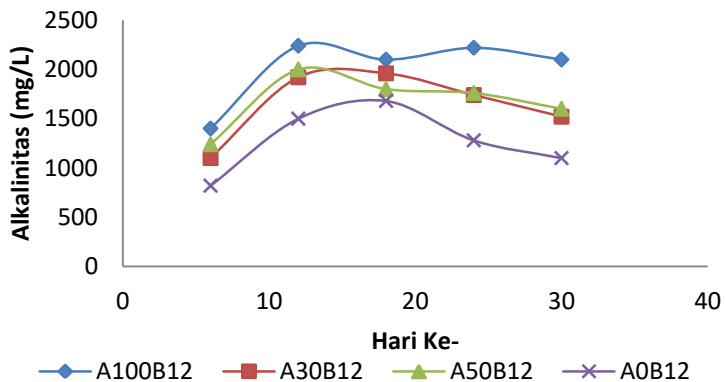
#### 4.3.4 Alkalinitas

Alkalinitas dianggap sangat penting karena berkaitan dengan reaksi yang terjadi di dalam AD yang menunjukkan kemampuan AD untuk menetralkan peningkatan asam. khususnya pada tahap asetogenesis (Zhiying, 2015) Jika alkalinitas meningkat, maka populasi bakteri metanogen akan meningkat juga, sedangkan ketika konsentrasi alkalinitas menurun maka asetogenik akan membuat produksi asam volatil lebih cepat dibandingkan dengan kemampuan bakteri metanogen mengubah asam volatil menjadi metana (Dong et al., 2015).

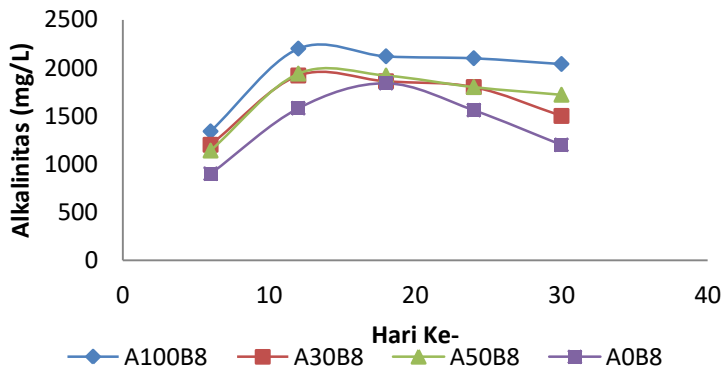
Pada hari ke-12, nilai alkalinitas pada hampir seluruh reaktor meningkat atau paling besar. Dapat dikatakan bahwa pada saat itu kemampuan metanogen mengubah asam volatil menjadi metana sangat baik. Pada saat tersebut pula, proses asidifikasi mulai terjadi, yaitu proses pembentukan asam volatil oleh bakteri asidifikasi. Sehingga, digester berusaha untuk menetralkan peningkatan asam yang terjadi.

Namun pada hari ke-18 hingga ke-30, alkalinitas pada seluruh reaktor menurun. Dapat dikatakan bahwa produksi asam

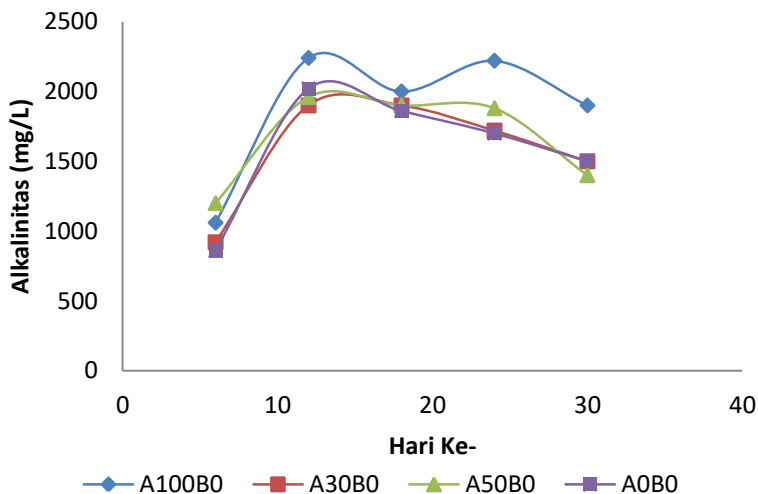
volatil lebih cepat dibandingkan kemampuan metana dalam mengubah asam volatil menjadi metana. Sehingga kemampuan AD untuk menetralkan asam juga menurun. Namun pada reaktor A100B12 dan A100B0 pada hari ke-24 kembali mengawali peningkatan, hingga nilai alkalinitas kembali turun pada hari ke-30. Hal tersebut dapat disebabkan tidak adanya lagi proses pembentukan asam.



Gambar 4. 10 Perubahan Alkalinitas terhadap Komposisi Bahan Baku dengan frekuensi Pengadukan 12 kali sehari



Gambar 4. 11 Perubahan Alkalinitas terhadap Komposisi Bahan Baku dengan frekuensi Pengadukan 8 kali sehari



Gambar 4. 12 Perubahan Alkalinitas terhadap Komposisi Bahan Baku, dengan frekuensi Pengadukan 8 kali sehari

Berdasarkan Gambar 4.10 hingga Gambar 4.12 di atas dapat dilihat bahwa seluruh reaktor A100 memiliki rata-rata nilai alkalinitas terbesar. Hal tersebut dikarenakan komposisi reaktor A100 adalah 100% feses sapi yang memiliki pH cenderung netral. Sedangkan reaktor lainnya yang memiliki komposisi dengan sampah pasar yang memiliki nilai pH cenderung asam serta produksi asam lebih cepat terbentuk.

#### 4.3.5 Hemiselulosa Selulosa dan Lignin

Lignin, Selulosa dan Hemiselulosa di dalam dinding sel tumbuhan membentuk struktur yang kompleks, yang sangat membatasi proses biodegradabilitas dari tumbuhan itu sendiri. Oleh karena itu lignin, selulosa, dan hemiselulosa merupakan salah satu faktor dalam proses pembentukan biogas (Zheng *et al.*, 2014). Apabila Lignin, Selulosa, dan Hemiselulosa terurai pada proses Hidrolisis, yaitu proses penguraian komponen kompleks (polimer) menjadi komponen sederhana (monomer).

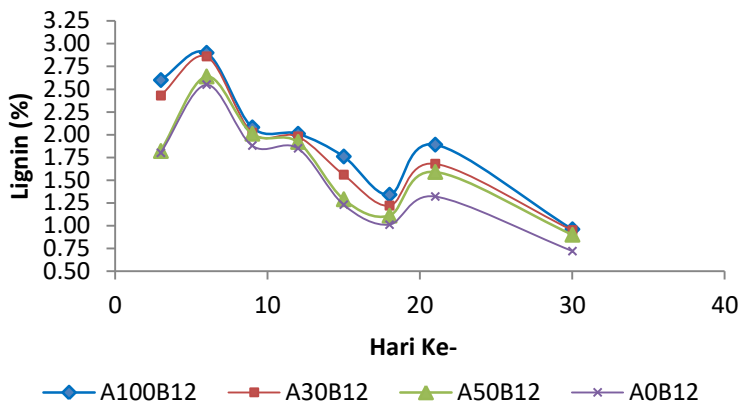


Selulosa telah digunakan dalam berbagai bentuk, mulai dari kayu dan serat tumbuhan yang berperan sebagai sumber energi untuk membuat bahan bangunan, kertas, dan tekstil (Brinchi *et al.* 2013). Selulosa merupakan penyusun utama dinding sel dan termasuk polimer glukosa dengan ikatan  $\beta$ -1,4 glukosida dalam rantai panjang lurus (Naufala dan Pandebesie, 2015) (Perez *et al.*, 2002)

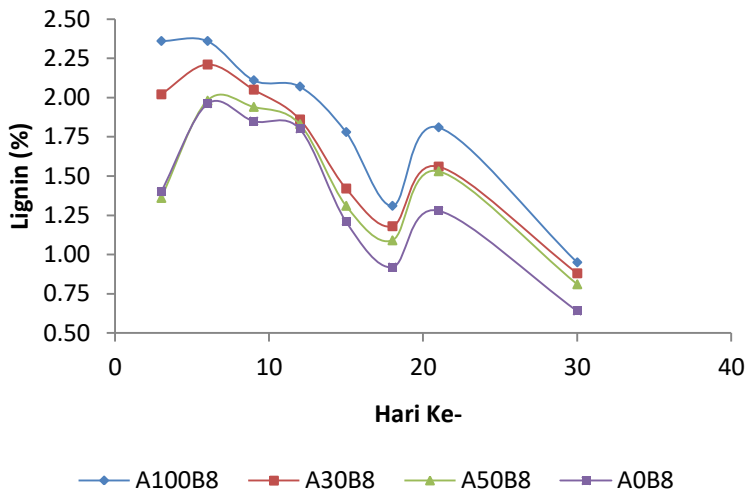
Lignin merupakan 10-25% dari biomassa lignoselulosa, dan merupakan polimer natural yang melimpah terbesar kedua. Lignin tidak solubel dalam air dan stabil dalam alam dan berperan sebagai “lem” yang menghubungkan selulosa dan hemiselulosa. Lignin merupakan tiga dimensi, yang mana merupakan makromolekul dengan ikatan silang yang tinggi, yang tersusun dari tiga tipe substitusi fenol yaitu: *conyferyl*, *sinapyl*, dan *p-coumaryl alcohols* (Watkins *et al.*, 2015)

Hemiselulosa merupakan komponen yang paling mudah dihidrolisis karena memiliki struktur heterogen dan derajat polimerisasi yang relatif rendah. Hemiselulosa juga dapat mengikat lembaran serat selulosa membentuk mikrobiofil sehingga dapat meningkatkan stabilitas dinding sel pada tumbuhan (Naufala dan Pandebesie, 2015) (Widianti, 2010). Menurut Dougal *et al.*(1996), Sayuran memiliki hemiselulosa utama pada dinding sel pertama yaitu xiloglukan dan glukuronoxilan, sedangkan pada dinding sel kedua adalah glukuronoxilan.

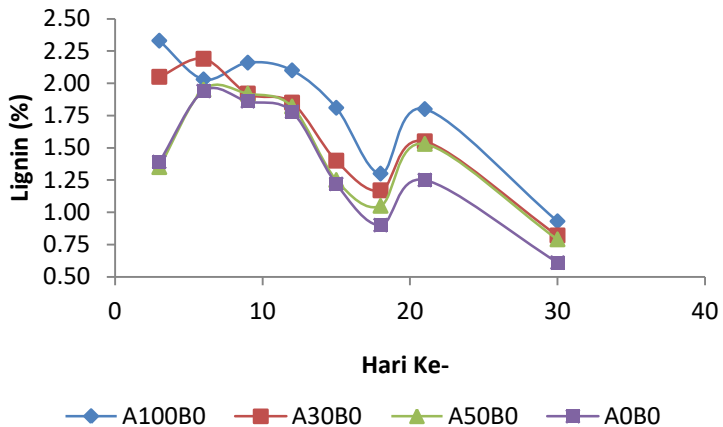
Kandungan Lignin, Selulosa, dan Hemiselulosa pada Feses Sapi adalah 9,74% (Abdullah dan Pandebesie, 2017) atau 20,2% (Widiasmara *et al.*, 2012), 19,53% (Wang *et al.*, 2012), dan 23,5% (Widiasmara *et al.*, 2012). Serta Kandungan Lignin dan Selulosa untuk Sampah Pasar adalah 37,2% (Wang *et al.*, 2014) dan 6,09% (Abdullah dan Pandebesie, 2017).



Gambar 4. 13 Perubahan Kadar Lignin terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 12 kali/hari.



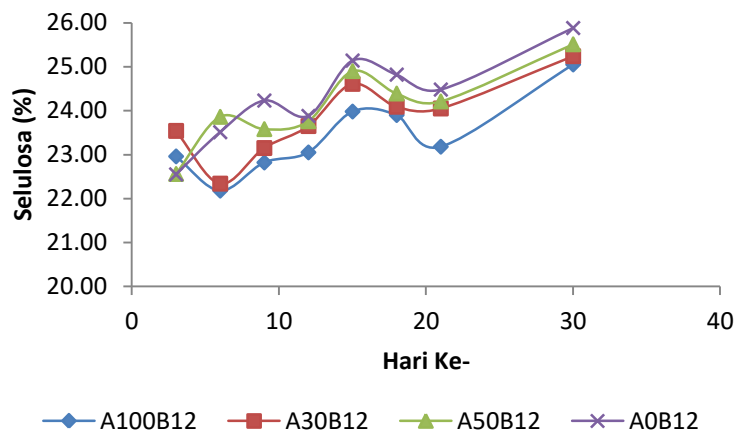
Gambar 4. 14 Perubahan Kadar Lignin terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 8 kali/hari.



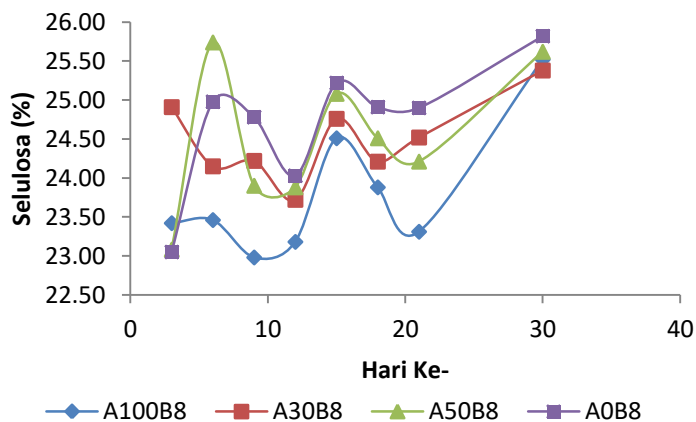
Gambar 4. 15 Perubahan Kadar Lignin terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Tanpa Pengadukan.

Berdasarkan Gambar 4.13 hingga 4.15, dapat diketahui kadar lignin terjadi fluktuasi, namun kadar lignin terlihat semakin menurun. Hal tersebut disebabkan kandungan polimer dalam lignin telah diubah menjadi komponen yang lebih sederhana (monomer). Sehingga mempermudah proses degradasi.

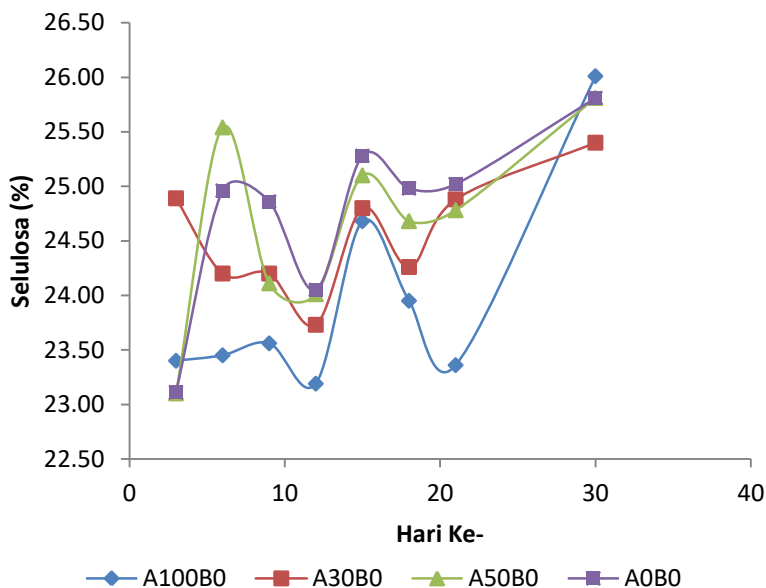
Seluruh reaktor A100 memiliki rata-rata kadar lignin paling tinggi dibandingkan dengan reaktor lainnya. Hal tersebut sesuai dengan teori, bahwa kadar lignin feses sapi lebih besar dibandingkan dengan sampah pasar. A100B12 memiliki rata-rata kadar lignin paling besar yaitu 1,94% dan memiliki nilai degradasi kadar lignin keseluruhan terbesar yaitu 63,08%. Sedangkan, seluruh reaktor A0 memiliki rata-rata kadar lignin terkecil. Reaktor A0B0 memiliki rata-rata kadar lignin terkecil yaitu 1,37%. Sedangkan A50B8 memiliki degradasi kadar lignin keseluruhan terkecil, yaitu 40,44%.



Gambar 4. 16 Perubahan Kadar Selulosa pada Reaktor dengan Frekuensi Pengadukan 12 kali/hari.

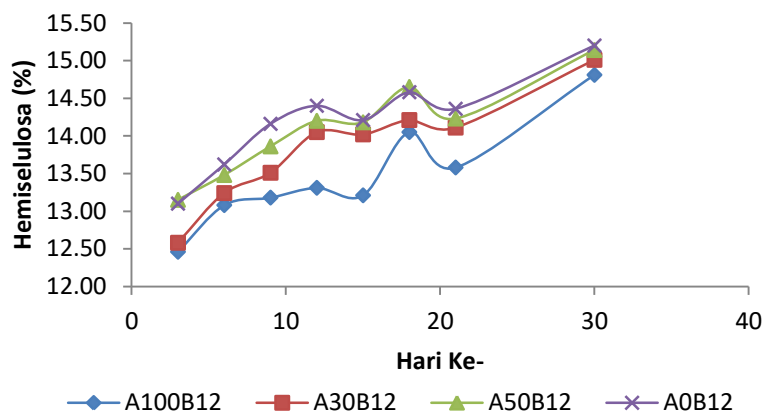


Gambar 4. 17 Perubahan Kadar Selulosa pada Reaktor dengan Frekuensi Pengadukan 8 kali/hari.

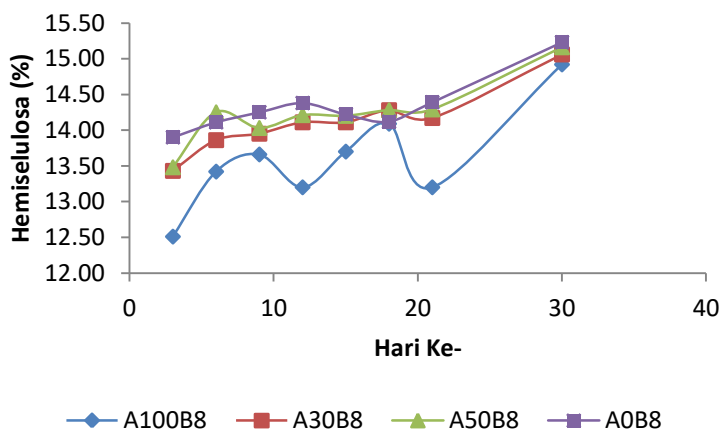


Gambar 4. 18 Perubahan Kadar Selulosa pada Reaktor dengan Frekuensi Tanpa Pengadukan.

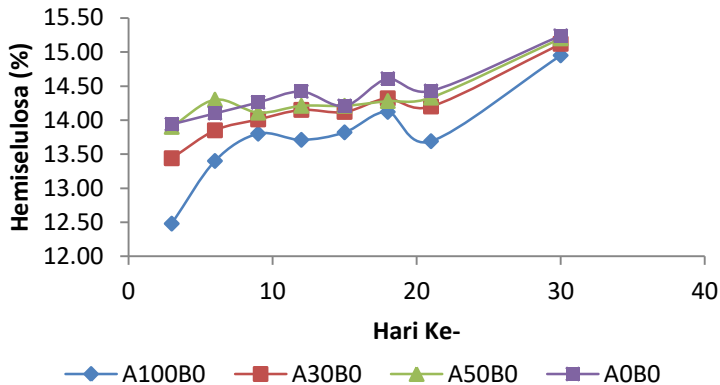
Berdasarkan grafik kadar selulosa pada Gambar 4.16 hingga Gambar 4.18, kadar selulosa mengalami fluktuatif akibat adanya intermitten. Namun, kadar selulosa menunjukkan kenaikan hingga hari ke-30. Penyebab kenaikan kadar selulosa dapat terjadi karena adanya kemungkinan kandungan pati yang tak larut dan terukur sebagai selulosa (Naufala dan Pandebesie, 2015). Rata-rata kadar selulosa terbesar terdapat pada reaktor dengan 100% Sampah Pasar. Reaktor A0B0 memiliki rata-rata kadar selulosa tertinggi yaitu 24,76%.



Gambar 4. 19 Perubahan Kadar Hemiselulosa pada Reaktor dengan Frekuensi Pengadukan 12 kali/hari.



Gambar 4. 20 Perubahan Kadar Hemiselulosa pada Reaktor dengan Frekuensi Pengadukan 8 kali/hari.



Gambar 4. 21 Perubahan Kadar Hemiselulosa pada Reaktor dengan Frekuensi tanpa Pengadukan.

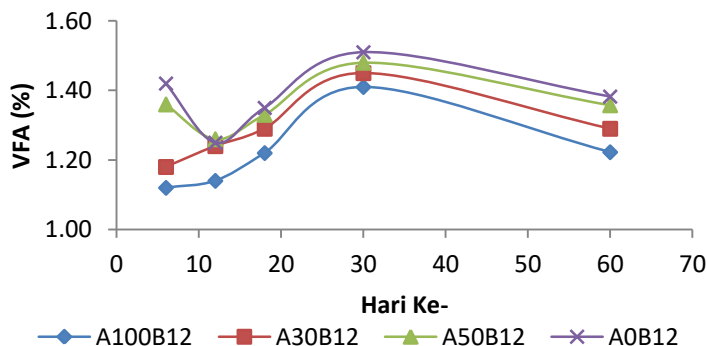
Berdasarkan grafik kadar hemiselulosa pada Gambar 4.19 hingga Gambar 4.21, kadar hemiselulosa mengalami fluktuatif, akibat adanya pengaruh dari perlakuan intermitten. Namun, grafik kadar hemiselulosa cenderung naik. Kenaikan hemiselulosa kemungkinan diakibatkan kurangnya enzim yang dibutuhkan hemiselulosa untuk dapat terhidrolisis sepenuhnya menjadi monomer (Laureano, 2005). Reaktor dengan 100% Sampah Pasar memiliki rata-rata kadar hemiselulosa tertinggi, dengan Reaktor A0B0 memiliki kadar hemiselulosa terbesar yaitu 14,40%.

#### 4.3.6 VFA

*Volatil Fatty Acids* (VFA) merupakan salah satu produk hasil tahap fermentasi yang mengindikasikan proses AD dalam keadaan stabil (Dai *et al.*, 2013). VFA secara tidak langsung juga menurunkan nilai pH dalam proses AD (Kwietniewska dan Tyz, 2014). Oleh karena itu, kadar VFA yang besar dapat menjadi inhibitor dalam proses AD. Frekuensi pengadukan juga dapat mempengaruhi konsentrasi VFA. Menurut Haider *et al.* (2015), semakin besar frekuensi pengadukan, dapat menyebabkan VFA meningkat.

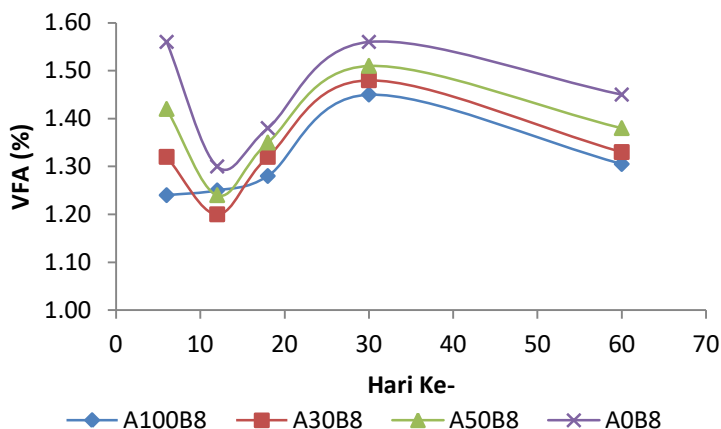
Berdasarkan hasil analisis, secara keseluruhan seluruh reaktor mengalami kenaikan nilai VFA pada hari ke-30. Hal tersebut kemungkinan terjadi akibat proses intermitten, yang mana terdapat penambahan bahan organik yang cukup besar, sehingga meningkatkan juga nilai VFA. Berdasarkan penelitian Prihartini (2017), semakin tinggi fraksi serat, akan meningkatkan nilai VFA. Oleh karena itu, kenaikan nilai VFA diikuti pula dengan meningkatnya kadar selulosa dan hemiselulosa.

Peningkatan produksi VFA dalam produksi biogas ini sesuai dengan fase pertumbuhan dari mikroba. Pada awalnya mikroba mengalami *lag phase*, lalu pertumbuhan meningkat tajam saat *log phase* sampai pertumbuhan stabil yaitu *stationery phase* dan akhirnya menurun dan mengalami *death phase*. Berdasarkan grafik, pada hari ke-12 hingga hari ke-30, reaktor mengalami *log phase*. Namun belum terjadi proses *stationery phase* ataupun *death phase*. Hal tersebut kemungkinan terjadi, karena adanya proses proses intermitten, yang mana adanya penambahan bahan baku selama 3 hari sekali. Setelah proses intermitten dilakukan 30 hari pertama, dilakukan proses *batch* 30 hari kemudian. Pada hari ke-60 dilakukan analisis VFA, dan dapat dilihat bahwa nilai VFA mengalami penurunan, hal tersebut kemungkinan terjadi proses *stationery phase* atau *death phase*.

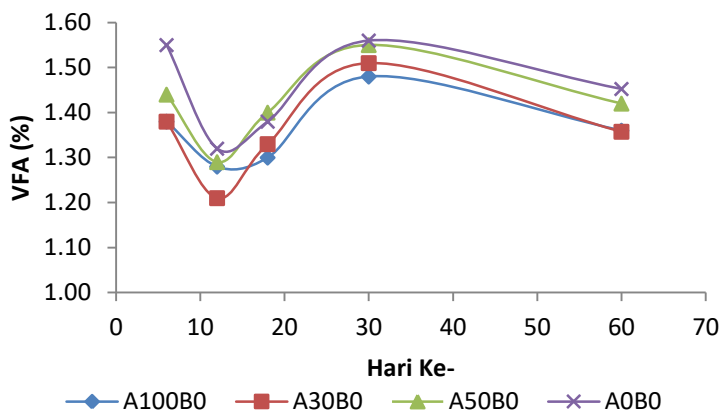


Gambar 4. 22 Perubahan Kadar VFA terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 12 kali/hari.





Gambar 4. 23 Perubahan Kadar VFA terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 8 kali/hari.



Gambar 4. 24 Perubahan Kadar VFA terhadap Komposisi Bahan Baku dengan tanpa Pengadukan.

Berdasarkan Gambar 4.22 hingga Gambar 4.24, reaktor dengan komposisi bahan baku sampah pasar memiliki rata-rata VFA paling besar. Dengan rata-rata kadar VFA terbesar pada reaktor A0B8 dan A0B0, yaitu 1,45%. Sedangkan reaktor dengan

komposisi bahan baku feses sapi memiliki rata-rata kadar VFA terendah. Reaktor A100B12 memiliki rata-rata kadar VFA terendah yaitu 1,22%

#### **4.4 Pengaruh Rasio Jumlah Sampah Pasar dan Feses Sapi.**

Pada penelitian ini terdapat variabel perbedaan rasio komposisi bahan baku antar sampah pasar dengan feses sapi. Rasio komposisi bahan baku tersebut didasarkan penelitian Abdullah dan Pandebesie (2017), yang menyimpulkan rasio perbandingan 30:70 sampah pasar dan feses sapi merupakan rasio yang dapat menghasilkan lebih baik. Sedangkan untuk rasio komposisi 50:50 sampah pasar dan feses sapi didapatkan dari perhitungan C/N optimal secara teoritis. Sedangkan untuk kontrol, terdapat rasio 100:0 sampah pasar dan feses sapi, serta 0:100 sampah pasar dan feses sapi. Untuk mengetahui pengaruh rasio bahan baku tersebut, dilakukan analisis beberapa parameter, yaitu TS, VS, C-organik, BOD, dan Volume Kumulatif Gas. Parameter-parameter tersebut merupakan parameter utama pada penelitian ini, karena parameter VS, C-organik, dan BOD menunjukkan adanya penurunan kadar organik yang dilakukan oleh mikroorganisme untuk membentuk biogas. Sedangkan Volume Kumulatif berfungsi untuk melihat gas yang terbentuk akibat adanya reaksi penguraian bahan organik tersebut.

##### **4.4.1 Penurunan Total Solid**

Total Solid (TS) sangat berpengaruh terhadap produksi biogas. Semakin tinggi nilai TS dan VS, semakin tinggi pula pembentukan biogas yang terjadi (Zarkades *et al.*, 2015). Penurunan nilai TS dan VS menunjukkan seberapa banyak bahan organik yang terkonversi menjadi biogas.

Peran nilai TS terhadap kerja AD adalah untuk menentukan kondisi produksi gas yang optimum. Menurut penelitian yang dilakukan Abbasi-Guendouz *et al.* (2012), menunjukkan bahwa produksi total metan menurun dengan meningkatnya nilai TS. Sistem dengan kadar solid yang tinggi mampu membuat laju produksi metan menjadi tinggi (Duan *et al.*, 2012)

Nilai TS mengalami fluktuasi. Hal tersebut disebabkan adanya proses intermitten, dengan masuknya bahan baku setiap 3 hari sekali. Yang menyebabkan terjadi penambahan kadar solid. Namun tetap terjadi adanya proses penurunan TS, walaupun tidak secara signifikan.

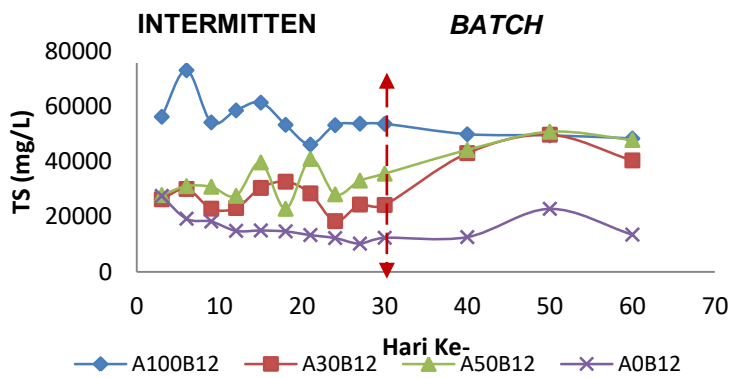
Berdasarkan hasil analisis, seluruh reaktor Feses Sapi memiliki nilai TS tertinggi. Reaktor A100B0 memiliki rata-rata nilai TS terbesar, yaitu 58735 mg/L. Sedangkan Reaktor A0B12 memiliki rata-rata nilai TS terkecil, yaitu 15796 mg/L. Hal tersebut kemungkinan terjadi karena kandungan kadar air sampah pasar yang tinggi apabila dibandingkan dengan feses sapi.

Berdasarkan Gambar 4.25, proses intermitten (proses utama) terjadi selama 30 hari, yaitu memasukkan bahan serta mengambil substrat selama 3 hari sekali. Setelah itu dilanjutkan proses *batch* (proses kontrol), selama 30 hari setelahnya. Pada saat proses intermitten, reaktor A100B12 memiliki rata-rata TS paling besar yaitu 56429 mg/L. Sedangkan Reaktor A30B12, A50B12, dan A0B12 memiliki rata-rata TS sebagai berikut 26141 mg/L, 31800 mg/L 15796 mg/L. Melalui hasil tersebut, dapat menunjukkan bahwa reaktor yang memiliki komposisi feses sapi lebih besar, memiliki nilai TS lebih besar.

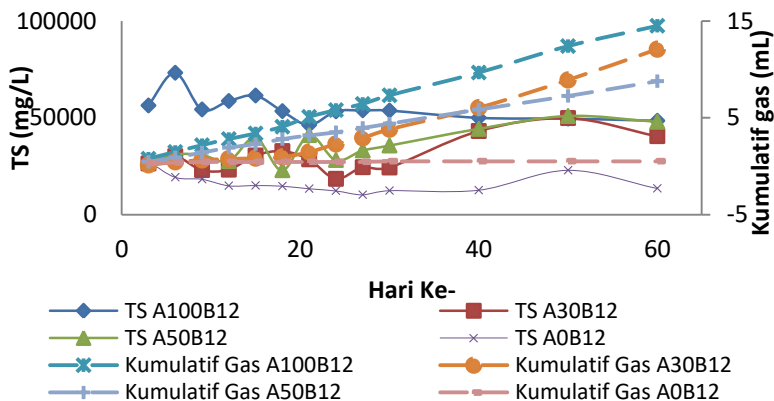
Pada saat proses *batch*, analisis TS dilakukan 10 hari sekali. Nilai TS pada reaktor A100B12 mengalami penurunan dari hari ke-30 hingga hari ke-40 hingga 7%. Hingga hari ke-60, nilai TS terlihat mengalami penurunan yang tidak terlalu signifikan dan cenderung stabil. Hal tersebut dapat dibuktikan bahwa pada waktu tersebut, terjadi proses *stationery phase*. Sedangkan pada reaktor A30B12, A50B12, dan A0B12, mengalami peningkatan dari hari ke-30 hingga hari ke-50, lalu kembali mengalami penurunan pada hari ke-60.

Berdasarkan Gambar 4.26, Reaktor A100B12 yang memiliki rata-rata TS lebih besar memiliki kumulatif gas paling besar yaitu 14,5 mL. Apabila dibandingkan dengan reaktor A50B12, reaktor A30B12 memiliki nilai kumulatif gas terbesar, yaitu 12,08 mL. Hal ini sesuai dengan pernyataan Duan *et al.*

(2012), yang menyatakan sistem dengan kadar solid tinggi, membuat laju produksi metan lebih besar. Melalui Gambar 4.26 juga, menyatakan bahwa penurunan TS pada hari ke-15 hingga hari ke-30 diikuti dengan meningkatnya kumulatif Gas. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan dari Abbasi-Guendouz *et al.* (2012), yang menyatakan bahwa penurunan nilai TS membuat peningkatan pada produksi biogas.



Gambar 4. 25 Penurunan TS terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Pengadukan 12 kali per hari



Gambar 4. 26 Hubungan antara Nilai TS dengan Konsentrasi  $\text{CH}_4$  terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 12 Kali/Hari.

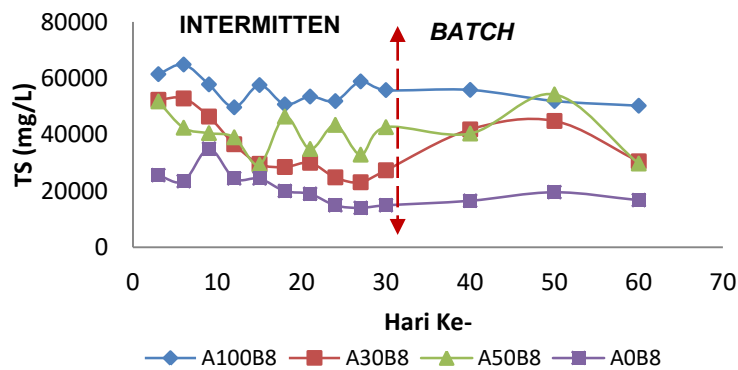
Sama halnya dengan Gambar 4.25, pada Gambar 4.27 terbagi antara proses intermitten dan proses *batch*. Pada proses intermitten, dapat dilihat bahwa A100B8 memiliki rata-rata TS paling besar yaitu 56262 mg/L, diikuti dengan A50B8, A30B8 dan A0B12 yaitu sebesar 40365,7 mg/L 35180 mg/L, dan 21599 mg/L.

Pada proses *batch*, reaktor A100B8 mengalami penurunan nilai TS hingga hari ke-60 yang tidak terlalu signifikan cenderung stabil. Sedangkan pada reaktor A30B8 dan A0B8 mengalami kenaikan pada hari ke-30 hingga hari ke-50, setelah itu kembali mengalami penurunan pada hari ke-60. Sedangkan reaktor A50B8 mengalami sedikit penurunan pada hari ke-40, dan mengalami kenaikan pada hari ke-50, dan pada hari ke-60 kembali mengalami penurunan. Pada Gambar 4.28, pada hari ke 60 reaktor A100B8 memiliki kumulatif gas terbesar, yaitu 6,04 mL. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Duan *et al.* (2012), yang menyatakan reaktor dengan TS lebih besar menghasilkan laju produksi metan lebih besar pula. Apabila dibandingkan dengan reaktor A50B8, reaktor A30B8 memiliki nilai kumulatif gas terbesar, yaitu 5,67 mL.

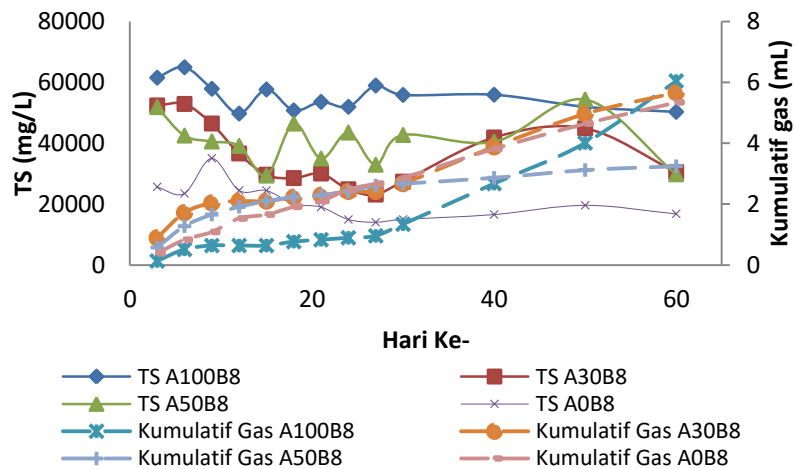
Pada Gambar 4.29, nilai rata-rata tiap reaktor tidak terlalu terlihat perbedaannya. Hal itu kemungkinan terjadi akibat tidak adanya pengadukan, sehingga padatan tidak tercampur secara homogen dan banyak mengendap di dasar reaktor. Reaktor A100B0 memiliki rata-rata TS tertinggi yaitu 58735 mg/L. Diikuti dengan A50B0, A0B0, dan A30B0 yang memiliki rata-rata TS sebesar 53620 mg/L, 43511 mg/L, dan 42652 mg/L. Nilai rata-rata tersebut sedikit berbeda apabila dibandingkan dengan Gambar 4.25 dan Gambar 4.27 yang mana pada Gambar 4.29 nilai rata-rata A0B0 sedikit lebih besar dibandingkan dengan A50B0. Hal tersebut kemungkinan terjadi karena tidak adanya pengadukan untuk menghomogenkan substrat.

Gambar 4.30, menunjukkan bahwa reaktor A30B0 memiliki kumulatif gas terbesar yaitu 10,43 mL. Hal tersebut juga terlihat dari penurunan TS yang terjadi pada hari ke-60. Reaktor

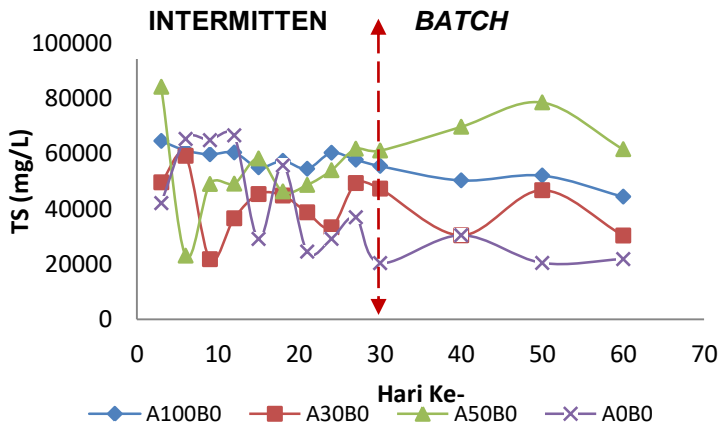
A50B0 dan A0B0 tidak terlalu banyak terjadi penambahan kumulatif gas.



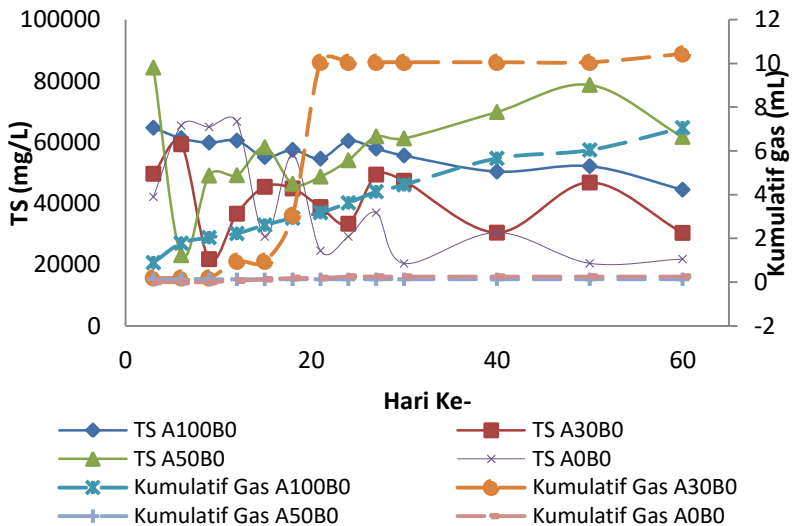
Gambar 4. 27 Penurunan TS terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 8 kali per hari



Gambar 4. 28 Hubungan antara Nilai TS dengan Konsentrasi CH<sub>4</sub> terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 8 Kali/Hari.



Gambar 4. 29 Penurunan TS terhadap Komposisi Bahan Baku tanpa Pengadukan



Gambar 4. 30 Hubungan antara Nilai TS dengan Konsentrasi CH<sub>4</sub> terhadap Komposisi Bahan Baku dengan tanpa Pengadukan

#### 4.4.2 Penurunan Volatil Solid (VS)

Volatil solid merupakan substrat (sumber makanan) bagi mikroorganisme non metanogen yang bekerja pada tahap awal produksi biogas, penurunan *volatile solid* menunjukkan di dalam biodigester terjadi proses degradasi senyawa organik oleh mikroorganisme non metanogen (Ni'mah, 2014). Berdasarkan Irvan *et al.* (2012), *Volatile Solid* (VS) digunakan untuk mengetahui jumlah bahan organik yang terkandung dalam bahan, yang dapat dikonversikan menjadi metana dan karbondioksida dalam proses anaerob.

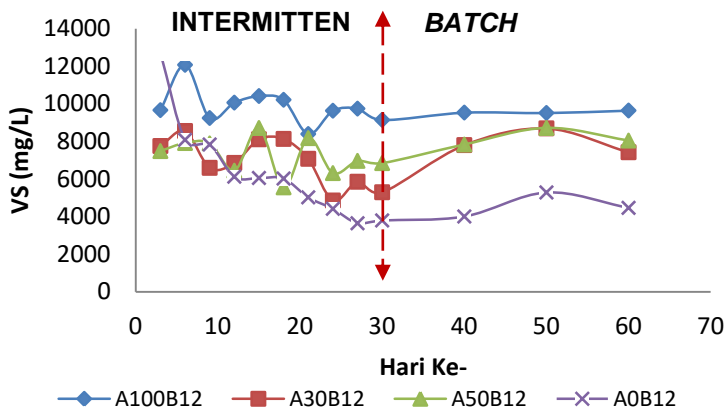
Berdasarkan pada seluruh grafik VS, nilai VS mengalami fluktuatif. Hal tersebut kemungkinan disebabkan adanya proses intermitten, yaitu menambahkan bahan baku setiap 3 hari sekali.

Pada Gambar 4.31 terdapat dua proses intermitten pada hari ke-0 hingga hari ke-30, dan pada hari ke-31 hingga hari ke-60 dilakukan proses *batch*. Pada proses intermitten, reaktor dengan pengadukan 12 kali/hari memiliki rata-rata VS total 7588 mg/L. Reaktor A100B12 memiliki nilai rata-rata VS total terbesar yaitu 9855 mg/L. Sedangkan untuk A30B12, A50B12, dan A0B12 memiliki rata-rata nilai VS sebesar 6904 mg/L, 7226 mg/L, dan 6368 mg/L. Berdasarkan hasil tersebut, dapat dilihat bahwa reaktor dengan komposisi sampah lebih banyak, memiliki nilai rata-rata VS paling kecil. Hal tersebut seperti TS solid, yang mana reaktor yang memiliki sampah pasar lebih banyak memiliki nilai TS lebih kecil dibandingkan dengan reaktor yang memiliki rasio komposisi feses sapi lebih besar.

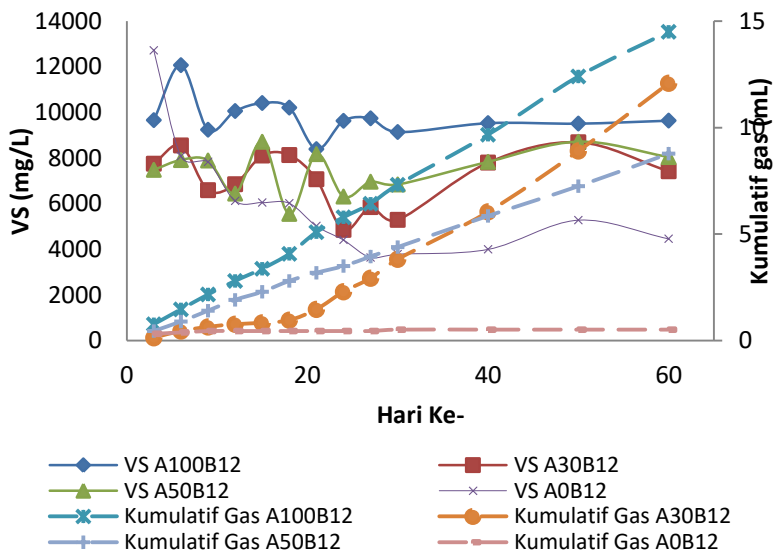
Pada proses *batch* A100B12 terlihat nilai VS terlihat stabil, hal tersebut kemungkinan terjadi proses *stationery lag*. Sedangkan reaktor A30B12, A50B12, dan A0B12 mengalami kenaikan hingga hari ke-50, setelah itu mengalami penurunan nilai VS pada hari ke-60.

Pada Gambar 4.32, reaktor A100B12 yang memiliki kadar VS terbesar memiliki kumulatif gas terbesar yaitu 14,5 mL. Apabila dibandingkan dengan reaktor A50B12, reaktor A30B12 memiliki penurunan nilai VS lebih besar serta diikuti dengan semakin besar nilai kumulatif gas yang terbentuk. Sesuai dengan Ni'mah (2014) penurunan VS menunjukkan adanya proses degradasi senyawa organik untuk diubah ke proses selanjutnya menjadi gas metan.





Gambar 4. 31 Penurunan VS terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Pengadukan 12 kali per hari

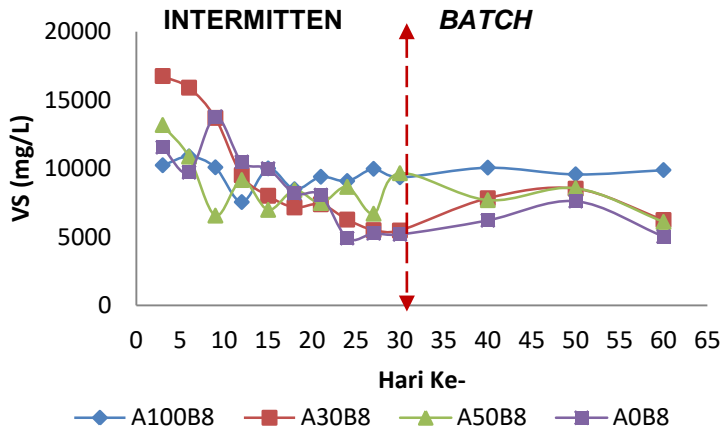


Gambar 4. 32 Hubungan antara Nilai VS dengan Konsentrasi CH<sub>4</sub> terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 12 Kali/Hari.

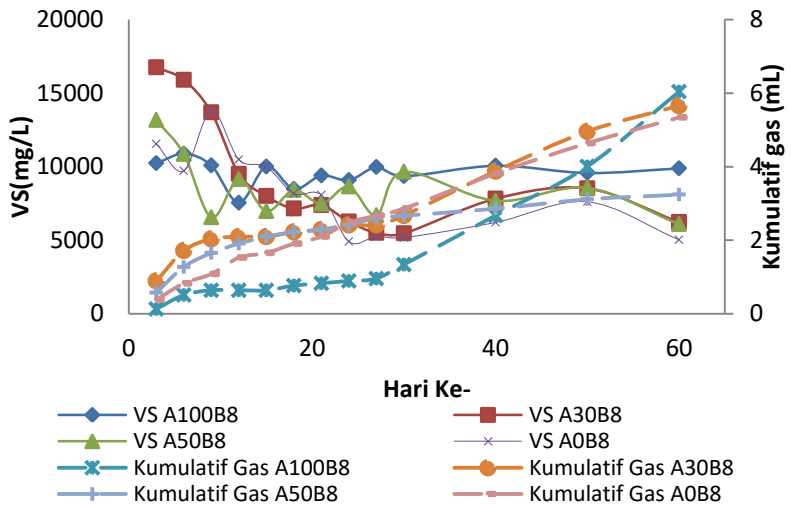
Pada Gambar 4.33 pada proses intermitten, dapat dilihat bahwa A30B8 memiliki penurunan VS terbesar dengan rata-rata VS terbesar pula yaitu 9568 mg/L. Diikuti dengan reaktor A100B8, A0B8, dan A50B8 memiliki rata-rata VS sebesar 9510 mmg/L, 8716 mmg/L, dan 8604 mmg/L. Berbeda dengan Reaktor dengan frekuensi pengadukan 12 kali/hari, nilai VS pada reaktor dengan frekuensi pengadukan 8 kali/hari tidak bergantung banyaknya komposisi sampah pasar maupun feses sapi. Seluruh reaktor dengan pengadukan dengan frekuensi pengadukan 8 kali sehari ini memiliki rata-rata nilai VS total sebesar 9099 mmg/L, yang mana lebih besar dibandingkan nilai VS rata-rata total reaktor dengan frekuensi pengadukan 12 kali/hari.

Pada proses *batch*, dapat dilihat nilai VS reaktor A100B8 tidak mengalami perubahan yang signifikan, atau cenderung stabil. Hal tersebut kemungkinan reaktor mengalami *stationery lag*. Sedangkan untuk reaktor A30B8 dan A0B8 mengalami kenaikan hingga hari ke-50, lalu mengalami penurunan pada hari ke-60. Sedikit berbeda dengan reaktor lainnya, reaktor A50B8 mengalami penurunan pada hari ke-40, setelah itu mengalami kenaikan nilai VS pada hari ke-50, dan kembali mengalami penurunan pada hari ke-60.

Pada Gambar 4.34, hubungan antara nilai VS dengan kumulatif gas menunjukkan kumulatif gas tiap reaktor tidak terlalu berbeda signifikan. Namun, reaktor A100B8 memiliki nilai kumulatif gas yang besar yaitu 6,04 mL. Sedangkan rasio yang memiliki nilai kumulatif gas tertinggi adalah reaktor A30B8, yaitu 5,6 mL dibandingkan dengan reaktor A50B8. Hal tersebut menunjukkan bahwa, penambahan 30% sampah pasar dengan 70% feses sapi memiliki volume gas lebih baik dibandingkan hanya sampah pasar saja.



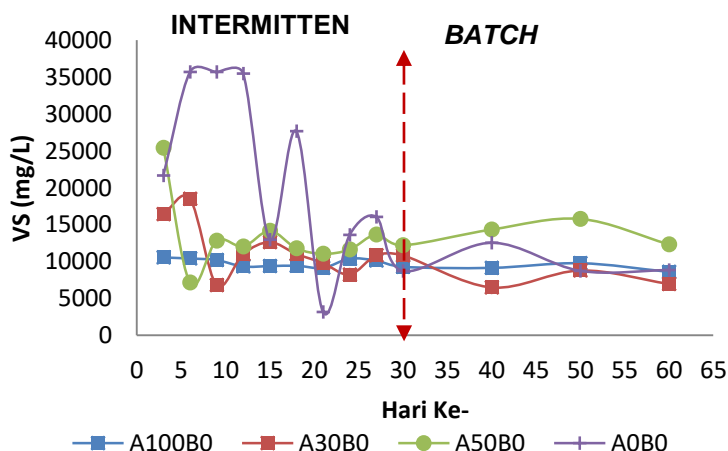
Gambar 4. 33 Penurunan VS pada Reaktor dengan Frekuensi Pengadukan 8 kali per hari.



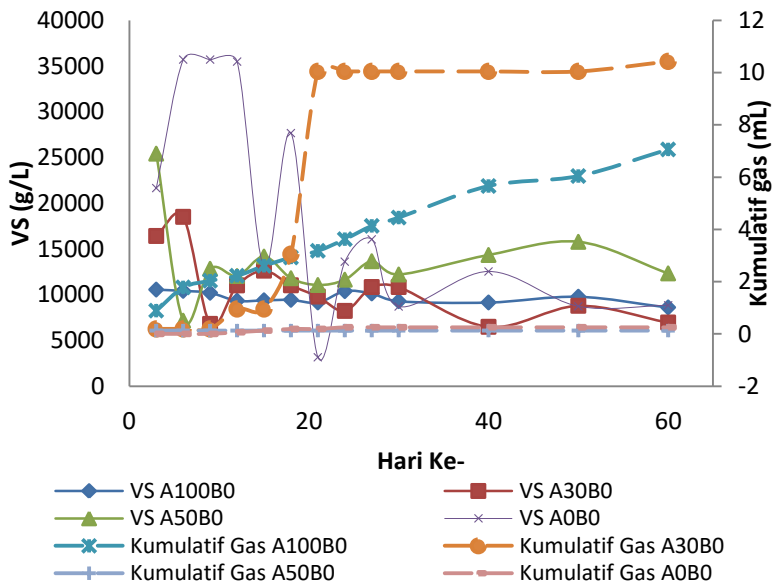
Gambar 4. 34 Hubungan antara Nilai VS dengan Konsentrasi CH<sub>4</sub> terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Frekuensi Pengadukan 8 Kali/Hari.

Berdasarkan Gambar 4.35 pada proses intermitten, nilai rata-rata VS total sebesar 13929 mg/L, nilai tersebut merupakan nilai rata-rata VS paling besar apabila dibandingkan dengan kedua grafik sebelumnya. Reaktor A0B0 memiliki rata-rata nilai VS paling besar, yaitu 21070 mg/L, namun memiliki penurunan VS hingga pada hari ke-30 paling besar. Reaktor A100B0 memiliki nilai rata-rata VS paling kecil yaitu 9833 mg/L, namun memiliki penurunan nilai VS yang tidak terlalu signifikan. Nilai rata-rata reaktor A30B0 dan A50B0 yaitu 11613 mg/L dan 13199 mg/. Sama seperti reaktor A100B0, reaktor A30B0 tidak mengalami penurunan nilai VS yang signifikan.

Pada Gambar 4.36, hubungan VS dengan kumulatif didapatkan bahwa reaktor A30B0 yang memiliki penurunan VS paling besar pada hari ke-60, memiliki kumulatif gas terbesar yaitu 10,4 mL. Hal tersebut sesuai dengan teori bahwa semakin besar penurunan VS makin besar laju produksi metan. Hal tersebut terjadi kemungkinan bahan organik yang didegradasi diubah menjadi metan.



Gambar 4. 35 Penurunan VS pada Reaktor tanpa Pengadukan



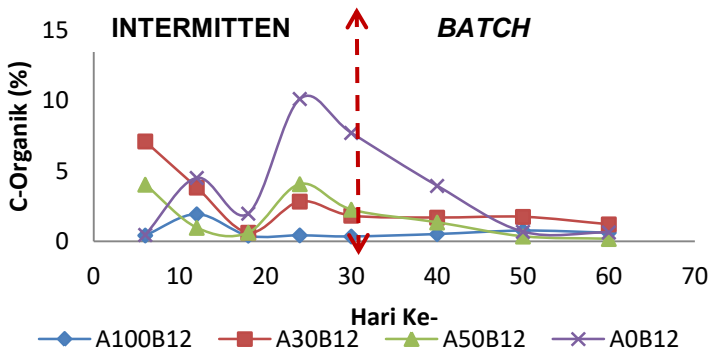
Gambar 4. 36 Hubungan antara Nilai VS dengan Konsentrasi CH<sub>4</sub> terhadap Komposisi Bahan Baku dengan tanpa Pengadukan.

#### 4.4.3 Penurunan Kandungan C Organik.

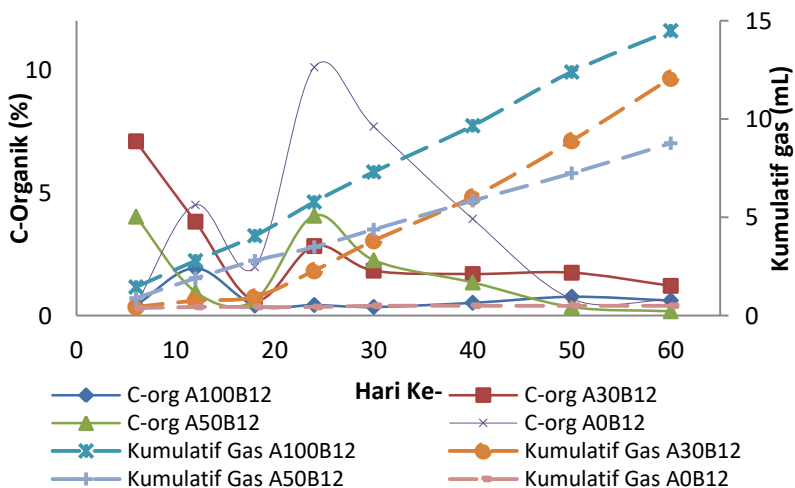
Penurunan Kandungan C- Organik dikarenakan dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme (Nolan et al., 2011). Dalam proses dekomposisi, karbon dijadikan sebagai sumber energi untuk menyusun bahan selular sel-sel mikroba dengan membebaskan CO<sub>2</sub> dan bahan-bahan lainnya yang mudah menguap (Abdullah dan Pandebesie, 2017). Analisis C-organik dilakukan 6 hari sekali selama 30 hari (proses intermitten) dan dilakukan analisa 10 hari sekali selama 30 hari setelahnya (proses *batch*).

Selama proses intermiiten, Penurunan C-organik mengalami fluktuasi, yang disebabkan adanya proses masuk dan keluarnya substrat. Sedangkan pada proses *batch* penurunan C-organik tidak terlihat signifikan atau stabil. Hal tersebut menandakan telah terjadi *stationery phase* pada hidup mikroorgaorganisme, karena tidak ada penambahan bahan

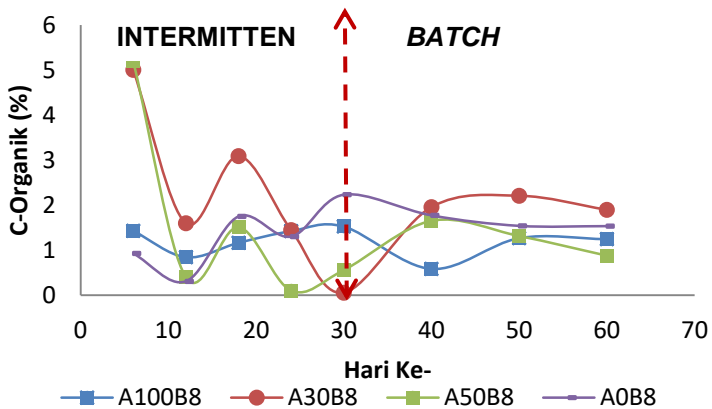
organik, dan kandungan organik sudah mulai berkurang. Penurunan C-organik diikuti dengan meningkatnya kumulatif gas. hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.38, Gambar 4.40, dan Gambar 4.42.



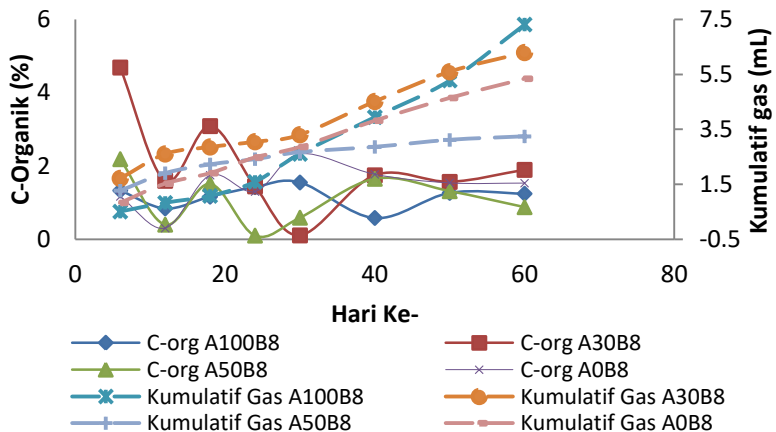
Gambar 4. 37 Penurunan Kandungan C-Organik pada Reaktor dengan Frekuensi Pengadukan 12 Kali Sehari.



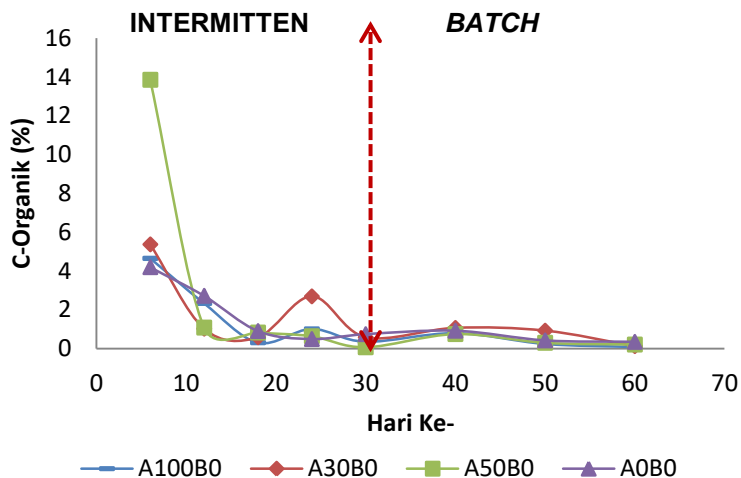
Gambar 4. 38 Hubungan antara Penurunan C-Organik dengan Kumulatif Gas dengan Frekuensi Pengadukan 12 kali/hari



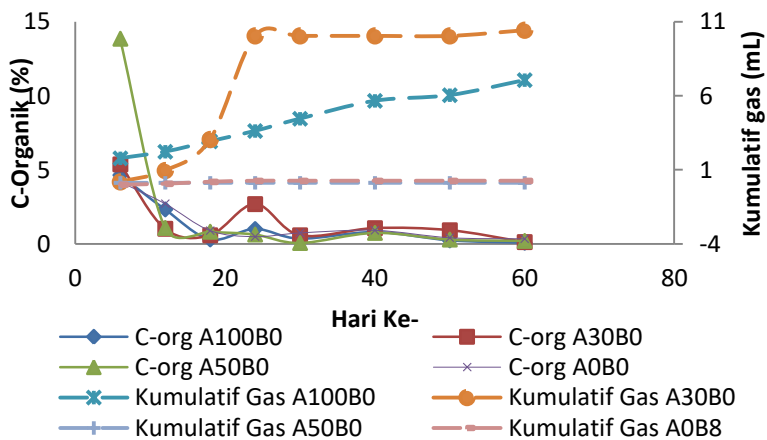
Gambar 4. 39 Penurunan Kandungan C-Organik pada Reaktor dengan Frekuensi Pengadukan 8 Kali Sehari.



Gambar 4. 40 Hubungan antara Penurunan C-Organik dengan Kumulatif Gas dengan Frekuensi Pengadukan 8 kali/hari



Gambar 4.41 Penurunan Kandungan C-Organik pada Reaktor dengan Frekuensi Pengadukan 8 Kali Sehari.



Gambar 4. 42 Penurunan Kandungan C-Organik pada Reaktor dengan Tanpa Pengadukan.



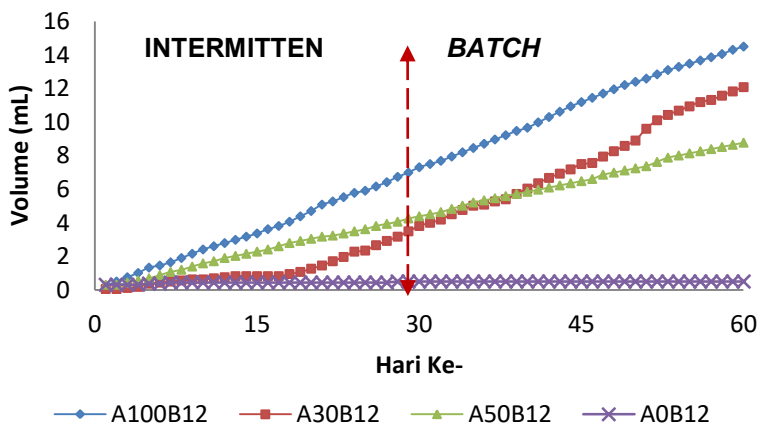
#### 4.4.4 Volume Kumulatif Biogas

Pengukuran volume gas dilakukan pada waktu yang sama setiap hari. Hal tersebut menjaga data volume gas setiap harinya. Pada penelitian ini kumulatif biogas sangatlah kecil, hal tersebut dapat disebabkan karena terjadinya kebocoran pada reaktor atau proses pembentukan berjalan lambat.

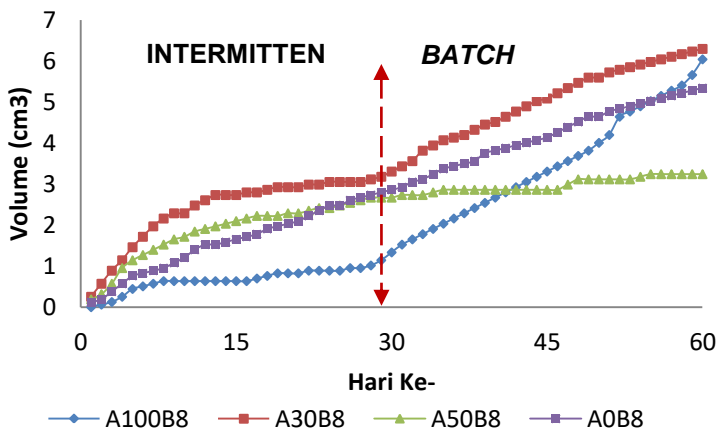
Pengukuran volume gas dilaksanakan setiap hari pada waktu yang sama selama 60 hari. Pada 30 hari pertama dilakukan proses *intermitten*, dan pada 30 hari kedua, dilakukan proses *batch*. Pada saat proses *intermitten* pada Gambar 4.43, reaktor A100B12 memiliki Kumulatif Gas paling tinggi yaitu 7,3 mL, sedangkan pada Gambar 4.38, terlihat reaktor A30B8 memiliki kumulatif gas paling besar hingga hari ke-30, yaitu 2,86 mL. Pada Gambar 4.39 reaktor A30B0 memiliki nilai kumulatif gas paling besar hingga hari ke-30, yaitu 10,05 mL.

Sedangkan pada proses *batch*, hasil kumulatif gas hingga hari ke-60, reaktor A100B12 tetap memiliki kumulatif gas tertinggi diantara reaktor dengan frekuensi pengadukan 12 kali/hari (Gambar 4.43), yaitu 14,5 mL. Sedangkan pada reaktor dengan frekuensi pengadukan 8 kali/hari (Gambar 4.44), reaktor A100B8 memiliki nilai paling tinggi yaitu 7,3 mL. Sedangkan reaktor A30B0 tetap memiliki kumulatif tertinggi yaitu 10, 43 mL diantara reaktor dengan tanpa pengadukan (Gambar 4.45). Namun, dapat dilihat pada Gambar 4.45, selama proses *batch*, reaktor A100B0 terus mengalami penambahan kumulatif gas, dibandingkan reaktor lainnya yang tidak ada penambahan yang signifikan.

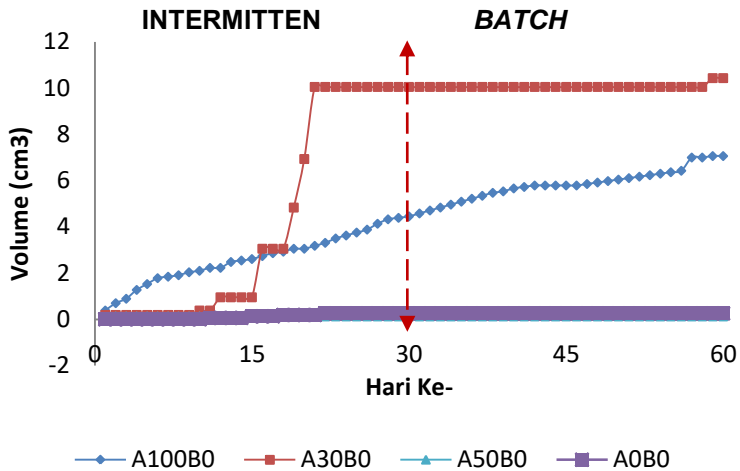
Penambahan 30% Feses sapi terhadap 70% sampah pasar dapat meningkatkan kumulatif gas hingga 95,8% dan 97,6% lebih besar dibandingkan dengan 100% sampah pasar saja pada reaktor dengan frekuensi 12 kali/hari dan tanpa pengadukan. Hal tersebut berbeda dengan penelitian Rahmansyah dan Pandebesie (2012), yang menyimpulkan perbandingan 50:50 merupakan perbandingan yang optimal.



Gambar 4. 43 Volume Kumulatif Biogas terhadap Komposisi Bahan Baku dengan frekuensi Pengadukan 12 Kali/hari



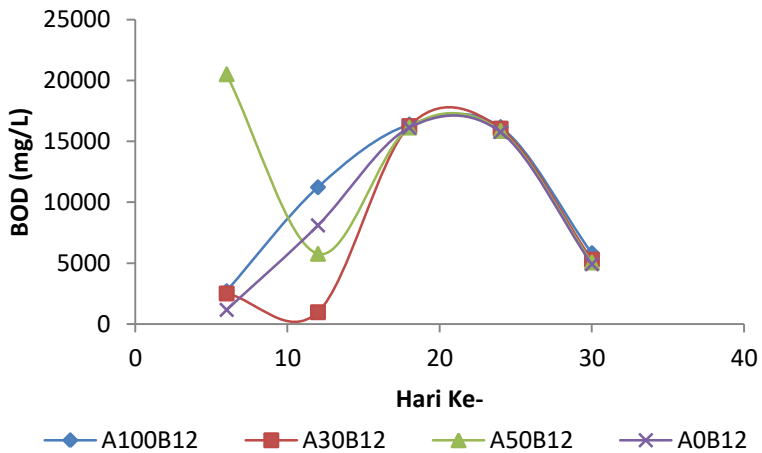
Gambar 4. 44 Volume Kumulatif Biogas, terhadap Komposisi Bahan Baku dengan frekuensi Pengadukan 8 Kali Sehari



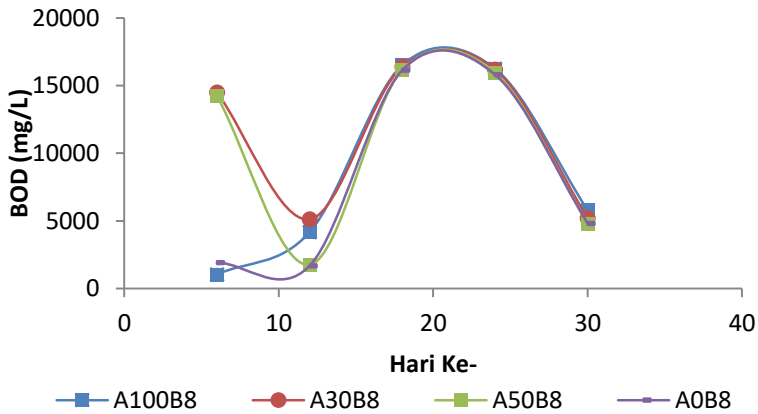
Gambar 4. 45 Volume Kumulatif Biogas terhadap Komposisi Bahan Baku tanpa Pengadukan.

#### 4.4.5 Penurunan BOD

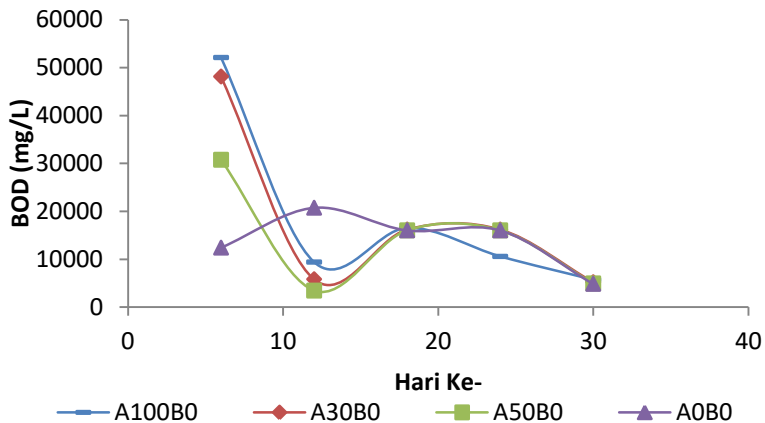
Penurunan kadar BOD selama produksi menunjukkan adanya perbedaan aktifitas mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik dan mengubahnya menjadi metan dan biogas (Sapputra *et al.* 2010). Nilai BOD juga mengalami fluktuasi yang diakibatkan oleh adanya pengaruh proses intermitten. Pada grafik-grafik di bawah dapat dilihat pada hari ke-18 nilai BOD mengalami kenaikan, hingga pada hari ke-24 mengalami penurunan hingga hari ke-30. Penurunan tersebut disebabkan berkurangnya bahan organik yang telah didegradasi oleh mikroorganisme untuk diubah menjadi metan. Hal tersebut juga menunjukkan proses AD dapat menurunkan beban pencemaran yang berada pada feses sapi dan sampah pasar. Penurunan BOD pada hari ke-24 hingga ke-30 pada seluruh reaktor berkisar 64-70%. Pada hari ke-30 rata nilai BOD pada seluruh reaktor hampir sama, yaitu 5196 mmg/L.



Gambar 4. 46 Penurunan nilai BOD terhadap Komposisi Bahan Baku dengan Pengadukan 12 kali/hari.



Gambar 4. 47 Penurunan Nilai BOD terhadap Komposisi Bahan baku dengan Pengadukan 8 kali/hari.



Gambar 4. 48 Penurunan Nilai BOD terhadap Komposisi Bahan baku dengan Tanpa Pengadukan.

#### 4.4.6 Perbandingan Hasil per Parameter terhadap Rasio Komposisi Bahan Baku.

Setelah dilakukan analisis per parameter pada tiap reaktor, dilakukan perbandingan dari hasil-hasil tersebut dan dibuat grafik terhadap rasio komposisi bahan baku Hal tersebut dilakukan untuk mempermudah mengidentifikasi rasio yang terbaik. Hasil pada hari ke-30, diambil sebagai sampel untuk mewakili hasil per parameter. Serta pada hari ke-30 merupakan hari terakhir proses intermitten

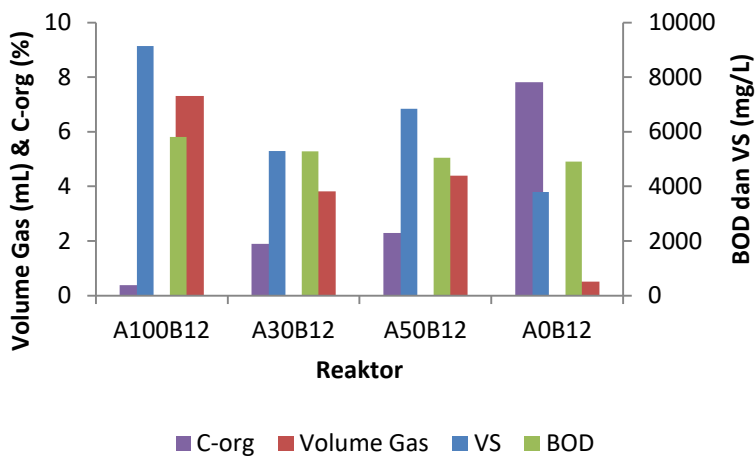
Berdasarkan Gambar 4.49, dapat dilihat bahwa A100B12 memiliki volume gas yang tertinggi yaitu 7,3 mL dan memiliki nilai BOD dan VS tertinggi pula yaitu 5815 mg/L dan 9140 mg/L serta memiliki nilai C-organik terkecil yaitu 0,38% hal tersebut membuktikan besarnya C-organik yang digunakan untuk proses AD. Sedangkan reaktor A30B12 memiliki volume gas sebesar 3,8 mL dan memiliki nilai VS dan BOD yang tidak jauh berbeda yaitu 5290 mg/L dan 5280 mg/L, serta memiliki C-organik 1,9%. Sedangkan A50B12 memiliki volume gas 4,4 mL

dan nilai BOD dan VS sebesar 5044 mg/L dan 6840 mg/L, serta C-organik sebesar 2,3%. Sedangkan pada reaktor A0B12 memiliki volume gas, VS, dan BOD paling kecil yaitu 0,5 mL, 3790 mg/L dan 4905 mg/L. Namun, memiliki C-organik terbesar yaitu 7,8%, hal tersebut membuktikan C-organik yang diuraikan dalam AD tidak banyak. Sehingga dapat disimpulkan reaktor A100B12 merupakan komposisi terbaik pada frekuensi pengadukan 12 kali/hari.

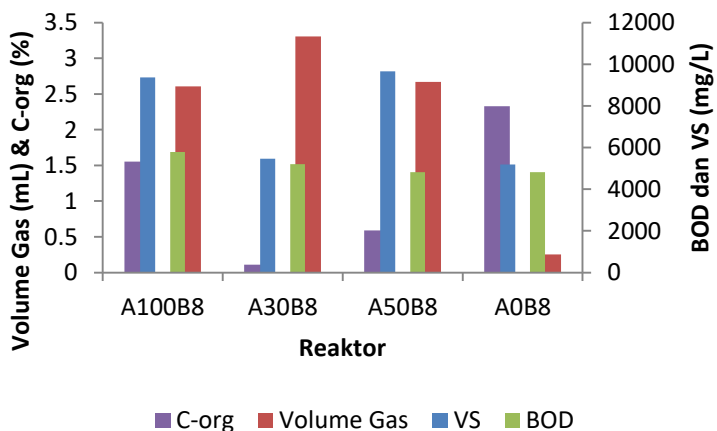
Pada Gambar 4.50, dapat dilihat bahwa nilai BOD memiliki pola yang sama dengan Gambar 4.49, yang mana A100B8 memiliki nilai BOD yang besar diikuti dengan reaktor A30B8, A50B8, dan A0B8 yang memiliki nilai BOD terkecil. Namun dapat dilihat bahwa semakin kecil nilai C-organik, maka semakin besar pula nilai volume gasnya. Hal tersebut terbukti pada A30B12 memiliki C-organik terkecil yaitu 0,11%, memiliki volume gas terbesar yaitu 3,3 mL. Hal tersebut membuktikan bahwa banyaknya C-organik yang digunakan untuk sumber makanan bagi mikroorganisme dalam proses fermentasi.

Berdasarkan Gambar 4.51, pola BOD memiliki kesamaan dengan Gambar 4.49 dan Gambar 4.50, yang mana reaktor A100 memiliki BOD paling besar, diikuti dengan reaktor A30B0, A50B0, dan A0B0 memiliki nilai BOD terkecil. Namun, dapat dilihat meskipun C-organik pada reaktor A50B0 memiliki C-organik paling kecil yaitu 0,09%, memiliki volume gas yang paling kecil yaitu 0,13 mL. Malahan pada reaktor A30B0 yang memiliki C-organik lebih besar, yaitu 0,615%, memiliki volume gas paling besar yaitu 10 mL.

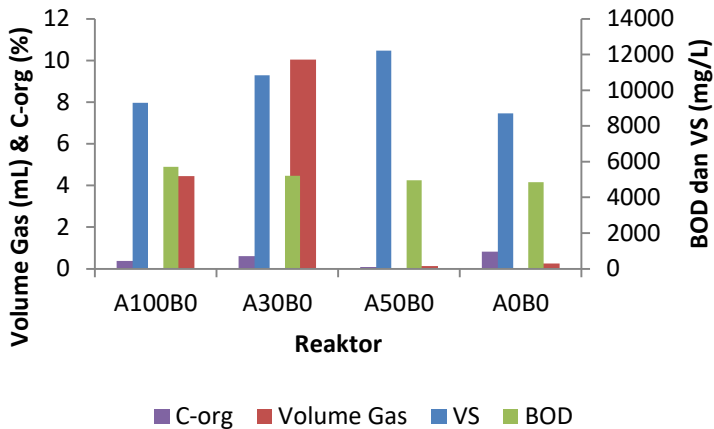
Berdasarkan hasil pengamatan terhadap perbandingan parameter terhadap rasio komposisi bahan baku, dapat disimpulkan bahwa reaktor dengan rasio 30:70 (70% sampah pasar dan 30% feses sapi) merupakan rasio terbaik untuk menghasilkan produksi gas optimal.



Gambar 4. 49 Perbandingan Hasil per Parameter pada Frekuensi Pengadukan 12 kali/hari.



Gambar 4. 50 Perbandingan Hasil per Parameter pada Frekuensi Pengadukan 8 kali/hari



Gambar 4. 51 Perbandingan Hasil per Parameter pada Reaktor tanpa Pengadukan.

#### 4.5 Pengaruh Frekuensi Pengadukan terhadap Pembentukan Biogas

Di dalam fermentasi anaerobik khususnya pada pembuatan biogas, pengadukan merupakan parameter penting. Pengadukan mempengaruhi kehidupan mikroba, karena terdapat pencampuran kembali atau menjadikan substrat dalam bioreaktor menjadi homogen. Proses yang tidak terdapat sistem pengadukan menyebabkan mikroba kurang optimal dalam mendapatkan nutrisi atau makanan saat aktifitas mikroba yang berlangsung menghasilkan gas metan (Yuwono dan Soehartanto, 2013).

Pada penelitian ini terdapat variabel frekuensi pengadukan, yaitu 8 kali sehari dan 12 kali sehari. Menurut penelitian Abdullah dan Pandebesie (2017), frekuensi pengadukan 8 kali sehari menghasilkan biogas lebih baik dibandingkan frekuensi pengadukan 4 kali sehari. Mengacu pada penelitian tersebut, diharapkan dengan semakin sering frekuensi pengadukan, semakin besar pula biogas yang terbentuk.



#### 4.5.1 Konsentrasi Gas Metan.

Salah satu hasil akhir terpenting dari proses AD adalah gas metan ( $\text{CH}_4$ ). Gas metan tersebut dapat dijadikan sumber energi terbarukan. Pada penelitian ini dianalisis pula kadar gas metan yang terbentuk pada masing-masing reaktor dengan menggunakan metode *Gas Chromatography* (GC). Analisis dilakukan pada hari ke-15 dan ke-30.

Menurut hasil analisis, pada reaktor 100% Feses Sapi, reaktor dengan pengadukan 12 kali memiliki konsentrasi  $\text{CH}_4$  paling besar yaitu 891,57 ppm pada hari ke-30. Sedangkan pada Reaktor dengan perbandingan 30:70, reaktor tanpa pengadukan memiliki konsentrasi  $\text{CH}_4$  paling tinggi, yaitu sebesar 527,18 ppm pada hari ke-30. Pada reaktor dengan perbandingan 50:50, reaktor dengan pengadukan 8 kali sehari memiliki konsentrasi  $\text{CH}_4$  paling besar, yaitu sebesar 137 ppm pada hari ke-30, yaitu 95,2% lebih besar dibandingkan dengan tanpa pengadukan. Sedangkan untuk reaktor dengan 100% sampah pasar, reaktor dengan pengadukan 8 kali memiliki konsentrasi paling besar pada hari ke-30, yaitu 33,83 ppm.

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa frekuensi pengadukan 8 kali dan pengadukan 12 kali sehari tidak memberikan pengaruh yang berbeda signifikan. Sedangkan dalam penelitian Abdullah dan Pandebesie (2017), frekuensi pengadukan 8 kali/hari selama 5 menit dapat meningkatkan produksi biogas hingga 36%.

Tabel 4. 10 Konsentrasi Gas Metan

Reaktor	Konsentrasi $\text{CH}_4$ (ppm)	
	Hari Ke-15	Hari Ke-30
100% FS		
A100B12	307,23	891,57
A100B8	56,21	131,49
A100B0	66,53	484,79
30:70		
A30B12	5,82	47,30
A30B8	31,88	25,65

Reaktor	Konsentrasi CH <sub>4</sub> (ppm)	
A30B0	15,16	527,18
<b>50:50</b>	<b>Hari Ke-15</b>	<b>Hari Ke-30</b>
A50B12	36,01	40,92
A50B8	46,25	137,00
A50B0	11,49	6,54
<b>100 % SP</b>	<b>Hari Ke-15</b>	<b>Hari Ke-30</b>
A0B12	2,20	1,41
A0B8	3,95	33,83
A0B0	1,95	3,67

#### 4.5.2 Analisis Methane Yield

*Methane Yield* ( $Y_{CH_4}$ ) merupakan metrik yang banyak digunakan dalam neraca massa dan energi untuk menghitung produksi CH<sub>4</sub>. *Methane Yield* didapatkan sesuai dengan pembentukan CH<sub>4</sub> oleh Volatil Solid (VS). Oleh karena itu rumus dari *Methane Yield* adalah sebagai berikut,

$$Y_{CH_4} = \frac{\text{Volume Gas}}{\Delta VS}$$

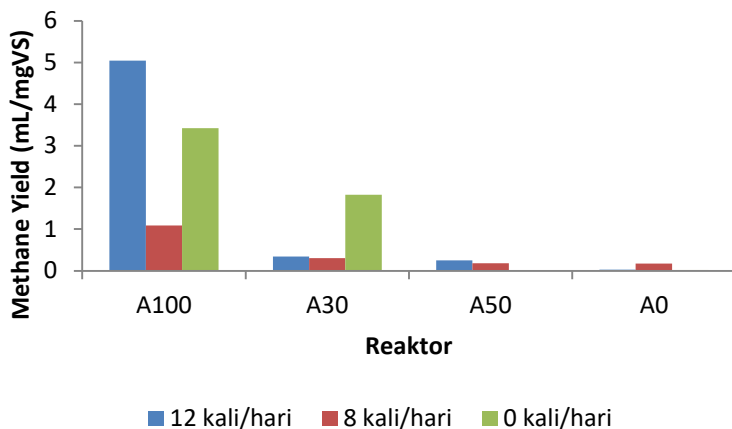
dimana:

$Y_{CH_4}$  = *Methane Yield* (mL/mgVS)

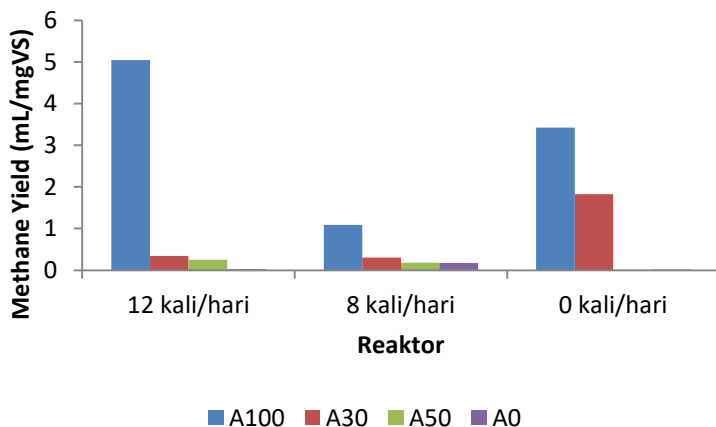
Volume Gas = Volume Kumulatif Gas (mL)

$\Delta VS$  = Selisih antara VS awal dan VS akhir (mg/L)

Berdasarkan rumus di atas, didapatkan hasil  $Y_{CH_4}$  dari tiap-tiap reaktor dengan menggunakan volume kumulatif gas pada hari ke-30 dan VS solid pada hari ke-0 dan hari ke-30. Sehingga hasil dari  $Y_{CH_4}$  dapat dilihat pada Gambar 4.59 dan Gambar 4.60 ,



Gambar 4. 52 Nilai *Methane Yield* terhadap Komposisi Bahan Baku.



Gambar 4. 53 Nilai *Methane Yield* terhadap Frekuensi Pengadukan.

Berdasarkan Gambar 4.52, reaktor dengan rasio A100 yang memiliki hasil *methane yield* tertinggi adalah pada reaktor dengan frekuensi pengadukan 12 kali/hari. Sedangkan reaktor dengan pengadukan 8 kali/hari memiliki hasil yang paling kecil. Pada reaktor A30, reaktor yang menghasilkan *methane yield*

tertinggi ada pada reaktor tanpa pengadukan. Sedangkan pada reaktor A0, reaktor 8 kali/hari merupakan reaktor yang memiliki *methane yield* terbesar. Hal tersebut menunjukkan, pengadukan tidak selalu memberikan dampak yang signifikan pada pembentukan metan

Berdasarkan reaktor 4.53, pada seluruh frekuensi pengadukan, reaktor yang memiliki *methane yield* tertinggi ada pada reaktor A100, lalu diikuti dengan reaktor A30. Dapat disimpulkan bahwa pemberian 30% feses sapi pada 70% sampah pasar dapat menghasilkan gas metan lebih baik daripada dengan 100% sampah pasar.

#### **4.5.3 Perbandingan Hasil per Parameter terhadap Frekuensi Pengadukan.**

Setelah dilakukan analisis per parameter pada tiap reaktor, dilakukan perbandingan dari hasil-hasil tersebut dan dibuat grafik terhadap perbedaan frekuensi pengadukannya. Hal tersebut dilakukan untuk mempermudah mengidentifikasi frekuensi pengadukan yang optimal. Hasil pada hari ke-30, diambil sebagai sampel untuk mewakili hasil per parameter. Serta pada hari ke-30 merupakan hari terakhir proses intermiiten.

Berdasarkan Gambar 4.54, pada reaktor dengan 100% Sapi, Nilai VS dan BOD pada tiap frekuensi tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Namun, untuk parameter C-organik, A100B12 memiliki C-organik terkecil yaitu 0,38, memiliki volume gas terbesar yaitu 7,3 mL. hal tersebut menunjukkan adanya C-organik yang digunakan untuk proses AD. Hal tersebut diperkuat pada A100B8 yang memiliki C-organik besar yaitu 1,55%, memiliki volume terkecil yaitu 2,6 mL Sedangkan reaktor A100B0 memiliki nilai C-organik yang hampir sama dengan A100B12 yaitu 0,378%, memiliki volume gas yang cukup besar pula yaitu 4,45%.

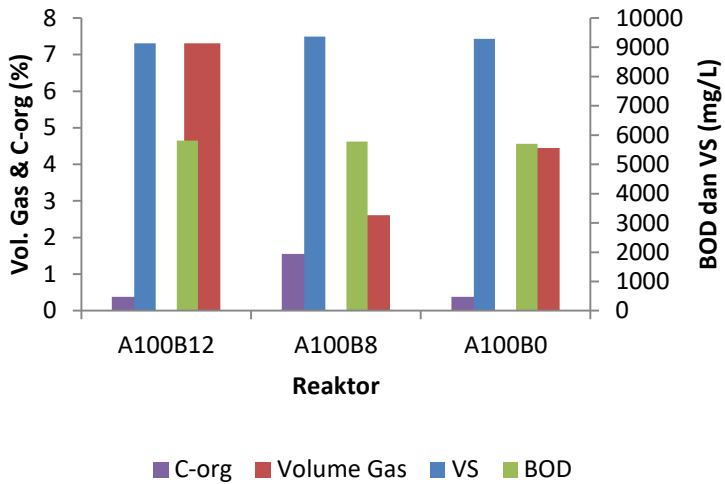
Berdasarkan Gambar 4.55, dapat dilihat nilai BOD pada seluruh reaktor tidak mengalami perbedaan yang signifikan. Sedangkan pada frekuensi pengadukan 12 kali/hari dan 8 kali/hari nilai VS tidak mengalami perbedaan yang signifikan, volume gas pada reaktor A30B12 dan A30B8 hampir sama, masing-masing yaitu 3,8 mL dan 3,3 mL .Namun pada reaktor

A30B0, nilai VS paling tinggi yaitu 10840 mg/L, dan memiliki volume gas paling tinggi pula yaitu 10 mL. Tidak seperti pada Gambar 4.62, yang mana C-organik paling kecil menghasilkan volume gas paling besar. Dapat dilihat pada A30B8 memiliki C-organik paling kecil yaitu 0,11% memiliki volume yang kecil pula.

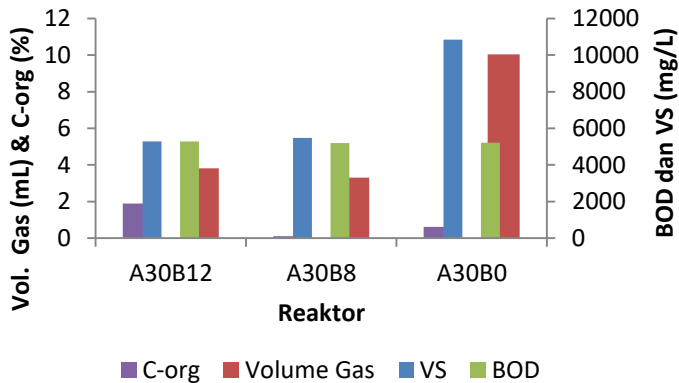
Berdasarkan Gambar 4.56, nilai BOD pada seluruh reaktor tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Pada rasio 50:50, dapat dilihat semakin kecil nilai VS dan semakin besar C-organik, semakin besar volume gas yang terbentuk. Hal tersebut dapat dibuktikan pada reaktor A50B12 memiliki nilai VS terkecil yaitu 6840 mL dan C-organik terbesar yaitu 2,3% menghasilkan volume gas paling besar yaitu 4,4 mL. Sedangkan pada reaktor A50B0 memiliki nilai VS paling besar yaitu 12210 mg/L dengan C-organik terkecil yaitu 0,09% memiliki volume gas paling kecil yaitu 0,127 mL.

Berdasarkan Gambar 4.57, nilai BOD tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Sama seperti Gambar 4.64, semakin besar nilai VS, semakin kecil nilai C-organik. Hal tersebut dapat dilihat pada reaktor A0B12, yang memiliki VS paling kecil yaitu 3790 mg/L memiliki C-organik terbesar yaitu 7,8%. Sedangkan pada reaktor A0B0 nilai VS paling besar yaitu 8710 mg/L dengan C-organik paling kecil yaitu 0,8%. Sedangkan volume gas reaktor A0B12 dan A0B0 hampir sama yaitu 0,5 mL dan 0,25 mL. Reaktor yang memiliki volume gas terbesar yaitu reaktor A0B8 yaitu 2,86 mL.

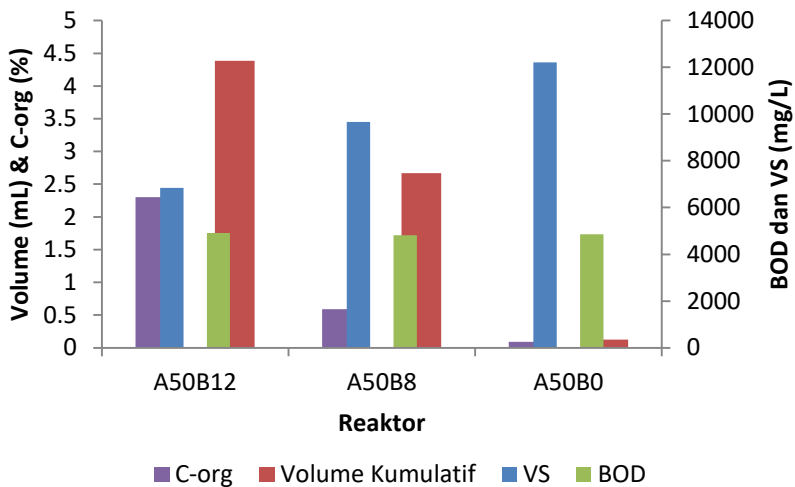
Berdasarkan hasil analisa tersebut, dapat disimpulkan bahwa frekuensi pengadukan tidak memberikan pengaruh yang berbeda signifikan terhadap pembentukan biogas, hal tersebut diperkuat dengan hasil uji ANOVA pada Gambar 4.60.



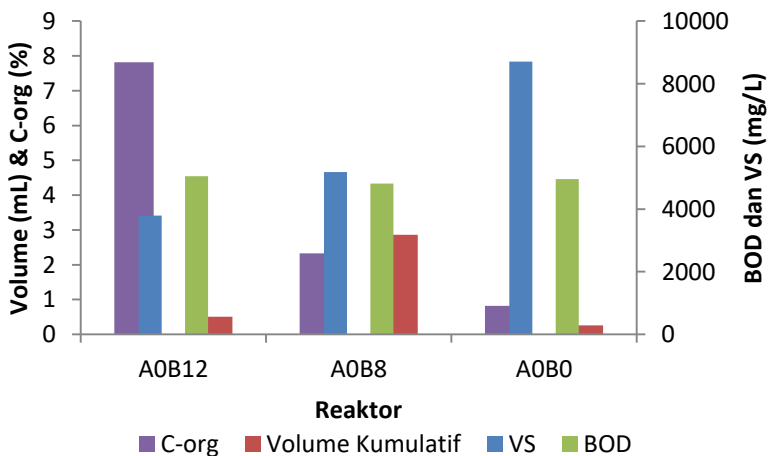
Gambar 4. 54 Perbandingan Hasil per Parameter pada Reaktor dengan 100% Feses Sapi.



Gambar 4. 55 Perbandingan Hasil per Parameter pada Reaktor dengan rasio 30:70.



Gambar 4. 56 Perbandingan Hasil per Parameter pada Reaktor dengan Rasio 50:50.



Gambar 4. 57 Perbandingan Hasil per Parameter pada Reaktor dengan Rasio 100% Sampah Pasar.

#### 4.6 Uji ANOVA

Uji ANOVA dilakukan untuk memperkuat hasil yang didapatkan. Menguji jika perlakuan (variabel) yang diberi memberikan perbedaan yang signifikan pada respon (gas kumulatif). Uji ANOVA yang pertama adalah variasi komposisi bahan baku terhadap kumulatif gas. Dengan melihat *P-value*, jika *P-value* < 0,05 maka  $H_0$  ditolak dan jika *P-value* > 0,05 maka  $H_0$  diterima ( $H_0$  = tidak memberikan perbedaan). Pada Gambar 4.58, *P-value* < 0,05, maka dapat disimpulkan variasi komposisi bahan baku memberi perbedaan atau pengaruh terhadap kumulatif gas.

Setelah disimpulkan bahwa variasi komposisi bahan baku memberi perbedaan atau pengaruh terhadap kumulatif gas, maka dapat dilakukan uji *Tukey*. Uji *Tukey* berfungsi untuk membuat grup-grup yang memberikan informasi jika antara variabel atau perlakuan memberikan perbedaan yang signifikan. Pada Gambar 4.59 terdapat grup A dan grup B, dan grup A dan B sekaligus. Sehingga dapat disimpulkan Komposisi 100% Feses Sapi memberikan pengaruh yang berbeda signifikan dengan Komposisi 100% Sampah Pasar. Sedangkan Komposisi 100% feses sapi tidak memberikan pengaruh yang berbeda pada Komposisi dengan rasio 30:70 dan 50:50.

Sedangkan uji ANOVA untuk variasi pengadukan terhadap kumulatif gas, nilai *P-value* > 0,05, sehingga  $H_0$  diterima (Gambar 4.60). Dapat disimpulkan bahwa pengadukan tidak memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kumulatif gas. Sehingga, tidak perlu dilakukan uji *Tukey*.

Namun dalam penelitian Abdullah dan Pandebesie (2017), frekuensi pengadukan 8 kali/hari selama 5 menit dapat meningkatkan produksi biogas hingga 36%. Hal tersebut menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan yang diberikan oleh frekuensi pengadukan. Sedangkan pada penelitian ini frekuensi pengadukan tidak terlalu memberikan dampak yang berbeda secara signifikan. Sehingga, apabila reaktor diberikan pengadukan 12 kali/hari ataupun 8 kali/hari, tidak akan menghasilkan hasil yang terlalu berbeda signifikan.



## Method

Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	Not all means are equal
Significance level	$\alpha = 0.05$

*Equal variances were assumed for the analysis.*

## Factor Information

Factor	Levels	Values
Komposisi Sampah	4	100%FS, 100%SP, 30FS:70SP, 50FS:50SP

## Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Komposisi Sampah	3	177.20	59.07	5.06	0.030
Error	8	93.45	11.68		
Total	11	270.65			

Gambar 4. 58 Uji Anova *One Way* antara Kumulatif Gas dan Komposisi Bahan Baku.

## Tukey Pairwise Comparisons

### Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Komposisi Sampah	N	Mean	Grouping
100%FS	3	11.68	A
30FS:70SP	2	8.04	A B
100%SP	5	3.36	B
50FS:50SP	2	1.69	A B

*Means that do not share a letter are significantly different.*

Gambar 4. 59 Uji Tukey Komposisi Bahan Baku terhadap Kumulatif Gas

## Method

Null hypothesis All means are equal  
Alternative hypothesis Not all means are equal  
Significance level  $\alpha = 0.05$

*Equal variances were assumed for the analysis.*

## Factor Information

Factor	Levels	Values
Pengadukan	3	0, 8, 12

## Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Pengadukan	2	65.52	32.76	1.44	0.287
Error	9	205.13	22.79		
Total	11	270.65			

Gambar 4. 60 Uji ANOVA antara Variabel Pengadukan dengan Kumulatif Gas.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil terbaik pada digester ini adalah reaktor dengan komposisi 30:70 dengan tanpa pengadukan, volume gas 10 mL dan BOD effluen 5209 mg/L. Pada reaktor tanpa pengadukan, dengan rasio feses sapi terhadap sampah pasar 30:70 dapat menaikkan kumulatif gas hingga 97,6% dibandingkan hanya dengan 100% sampah sayur.
2. Frekuensi Pengadukan antara 8 kali/hari maupun 12 kali/hari tidak memberikan pengaruh yang berbeda signifikan pada pembentukan biogas.

#### **5.2 Saran**

1. Titik sampel reaktor disusun lebih dari satu titik (komposit), agar outlet yang dihasilkan lebih homogen.
2. Perlu adanya pengadukan yang kontinyu menggunakan alat, agar mendapatkan hasil yang maksimal.
3. Proses analisis parameter dilakukan ditengah-tengah proses intermitten, agar proses yang terjadi pada proses intermitten dapat terlihat.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, N.O dan Pandebesie E.S. 2017. *Peningkatan Produksi Biogas Sampah Pasar dengan Penambahan M-16 dan Pengadukan Menggunakan Digester Anaerobik*. Tesis. FTSP, Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Abbassi-Guendouz, A., Brockmann, D., Trably, E., Dumas, C., Delgene's, J.P. 2012. *Total Solids Content Drives High Solid Anaerobic Digestion Via Mass Transfer Limitation. Bioresour Technol.* 111: 55–61.
- Anggraini, D., Pertiwi, M. B., Bahrin, D. 2012. *Pengaruh Jenis Sampah, Komposisi Masukan dan Waktu Tinggal terhadap Komposisi Biogas dari Sampah Organik. Jurnal Teknik Kimia.* 18(1): 17-23.
- Budiyono., Widiyasa I. N., Johari, S., dan Sunarso. 2014. *Increasing Biogas Production Rate from Cattle Manure Using Rumen Fluid as Inoculums. Int. J. Sci. Eng,* 6(1): 31-38
- Cavinato, C., Ros, C. D., Pavan, P., Bolzonella, D. 2016. *Influence Of Temperature and Hydraulic Retention on The Production of Volatile Fatty Acids during Anaerobic Fermentation of Cow Manure and Maize Silage. Bioresource Technology.* 223 (1) 59–64.
- Chan, P. C., Toledo, R. A., Shim, H. 2017. *Anaerobic Co-Digestion Of Food Waste And Domestic Wastewater - Effect of Intermittent Feeding on Short And Long Chain Fatty Acids Accumulation. Renewable Energy.*
- Chiumenti, A., Chiumenti, R., Da Borso, F., Landa, A., Limina, S., 2009. *Anaerobic Digestion Of Swine Manure In Conventional And Hybrid Pilot Scale Plants: Performance And Gaseous Emissions Reduction.* In: Proceedings of the International Symposium ASABE

2009, Reno (NV), USA, June 21–24, 2009. ASABE, St. Joseph, Michigan.

- Coombs, J., 1990. *The Present and Future of Anaerobic Digestion*. In: Wheatley, A. (Ed.), *Critical Reports on Applied Chemistry*. Anaerobic Digestion: a Waste Treatment Technology. **Elsevier Applied Science**, 31: 1-42
- Dinanti, W dan Ayu, W. S. 2016. *Krisis Energi*. Pekanbaru: Jurusan Akutansi, Fakultas Ekonomi, Universitas Riau dan Energi Terbarukan". <http://www.mediaelajar.info/2017/04/sumber-energi-tak-terbarukan-dan-energi.html> (diakses pada tanggal 21 Oktober 2017)
- Duan, N., Dong, B., Wu, B., Dai, X. 2012. *High-Solid Anaerobic Digestion Of Sewage Sludge Under Mesophilic Conditions: Feasibility Study*. **Bioresour Technol.** 104: 150–156.
- Ehimen E. A., Sun Z. F., Carrington C.G., Bircj E.J., Eaton-Rye J.J. 2011. *Anaerobic Digestion of Microalgae Residues Resulting from The Biodiesel Production Process*. **Appl Energy**; 88:3454–63.
- Fathoni, A. K. R. dan Soedjono, E. S. 2011. *Perencanaan Tipikal Rumah Kompos untuk Pengolahan Sampah Pasar Tradisional (Studi Kasus Di Kota Surabaya)*. Teknik Lingkungan, FTSP-ITS: Surabaya.
- Golueke C. G., Oswald W. J., Gotaas H. B. 1957. *Anaerobic Digestion of Algae*. **Appl Microbiol**, 5(1):47–55.
- Gunamantha, M., Yuningrat, N. W. 2014. *Studi Potensi Biogas dari Sampah Daun Pisang Melalui Penguraian Secara Anaerobik*. **Jurnal Sains dan Teknologi**, 3(1): 311-323.
- Gu, Y., Chen, X.H., Liu, Z.G., Zhou, X.F., Zhang, Y.L., 2014. *Effect of Inoculum Sources on The Anaerobic*

- Digestion of Rice Straw*. **Bioresour. Technol**, 158: 149-155.
- Imai, M., Ikari, K., Suzuki, I., 2004. *High-Performance Hydrolysis of Cellulose Using Mixed Cellulase Species and Ultrasonication Pretreatment*. **Biochem. Eng. J**, 17 (2), 79–83
- Irvan., Suraya, I., Tiarasti, H., Trisakti, B., Hasibuan, R., Tomiuchi, Y. 2012. *Pembuatan Biogas dari Berbagai Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit*. **Jurnal Teknik Kimia USU**, 1 (1): 45-48
- Julianto, 2015. *Melirik Kembali Jerami Padi*. [http://m.tabloidsinartani.com/index.php?id=148&tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=2807&cHash=f14f2a698e07112a11324d1a609d4980](http://m.tabloidsinartani.com/index.php?id=148&tx_ttnews%5Btt_news%5D=2807&cHash=f14f2a698e07112a11324d1a609d4980). (diakses tanggal 21 Oktober 2017)
- Jusuf. 2012. *Kekayaan Energi Indonesia dan Pengembangannya*. [id.beritasatu.com/home/kekayaan-energi-indonesia-dan-pengembangannya/39520](http://id.beritasatu.com/home/kekayaan-energi-indonesia-dan-pengembangannya/39520). (diakses pada tanggal 21 Oktober 2017)
- Kaparaju, P., Buendia, I., Ellegaard, L., dan Angelidakia, I. 2008. *of Mixing on Methane Production During Thermophilic Anaerobic Digestion of Manure: Lab- Scale and Pilot Scale Studies*. **Bioresources Studies**, 82(1): 4919-4928.
- Kaswinarni, F., 2007. *Studi Kasus Industri Tahu Tandang Semarang, Sederhana Kendal dan Gagak Sipat Boyolali*, Universitas Diponegoro, :18-28.
- Kothari, R., Pandey, K., Kumar, S., dan Tyagi, V. 2014. *Different Aspects of Dry Anaerobic Digestion for Bio-Energy*. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 24(1): 174-195.
- Kwietniewska, E. dan Tys, J. 2014. *Process Characteristics, Inhibition Factors, and Methane Yields of Anaerobic*

*Digestion Process, with Particular Focus on Microalgae Biomass Fermentation. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 46(1): 491-500.

Laili, N dan Wilujeng, S. A. 2011. *Pengaruh Pengaturan pH dan Pengaturan Operasional dalam Produksi Biogas dari Sampah*. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Surabaya.

Lee, D. H., Behera, S. K., Kim, J. W., dan Park, H. 2009. *Methane Production Potential of Leachate Generated from Korean Food Waste Recycling Facilities: A Lab-Scale Study. Waste Management*, 82(1): 876-882.

Lettinga, G., Van Haandel A.C., dkk., 1994, *Anaerobic Sewage Treatment*. UK: John Wiley and Sons Inc.

Mohammad R., Soeroso F., Pradana S., Akbar, Sudarno, Wardhana I. W. 2016. *Pengaruh Pengenceran dan Pengadukan terhadap Produksi Biogas pada Anaerobic Digestion dengan Menggunakan Ekstrak Rumen Sapi sebagai Starter dan Limbah Dapur sebagai Susbrat. Jurnal Presipitasi*, 13(2): 88-93

Mustaqim, Farid, A., Sugara, S. 2011. *Kemampuan Produksi Biogas pada Digester Berbahan Fiberglass berukuran 120 L. <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=116831&val=5335>*. (Diakses tanggal 2 Januari 2017)

Nadaïs, H., Barbosa, M., Capela, I., Arroja, L., Ramos, C.G., Grilo, A., Sousa, S.A., Leitao, J. H. 2011. *Enhancing Wastewater Degradation and Biogas Production by Intermittent Operation of UASB Reactors. Energy*. 2164-2168

Nagamani B, dan Ramasamy K. 1999. *Biogas Production Technology: An Indian Perspective. Curr SciIndia*, 77(1):44-55



- Nielsen, J. B. H., Al Seadi, T., Popiel, P.O. 2009. *The Future of Anaerobic Digestion and Biogas Utilization. Bioresource Technology*. 100: 5478-5484
- Ni'mah, L. 2014. *Biogas from Solid Waste of Tofu Production and Cow Manure Mixture: Composition Effect. Chemica*. Vol 1(1): 1-9
- Noviyanto F. A. S., Anwar, H., Gunawan, S., Widjaja, T. 2015. *Produksi Gas Metana dari Limbah Jerami Padi dengan Inokulasi Mikroorganisme Rumen sebagai Sumber Energi Terbarukan. Jurnal Teknik Kimia*, 2(1): 58-61
- Perez, J., Dorado, J. M., Rubia, T., dan Martinez, J. 2002. *Biodegradation and Biological Treatments of Cellulose, Hemicellulose, and Lignin. An Overview. Int. Microbiol*, 5: 53–63.
- Puspitasasi, R., Muladno., Atabany, A., Salundik. 2015. *Produksi Gas Metana (CH<sub>4</sub>) dari Feses Sapi FH Laktasi dengan Pakan Rumput dan Jerami Padi. Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*, 3(1), pp. 40-45.
- Rahmansyah, M.S. dan Pandebesie E.S. 2016. *Analisis Pembentukan Biogas dengan Bahan Baku Enceng Gondok (Eichhornia crassipes) dan Kotoran Sapi*. Tesis. FTSP, Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Razaul, K. M., Mamun, M. R., Rahman, M., Asiri, M. A., dan Torii, S. 2016. *Methane Enrichment of Biogas by Carbon Dioxide Fixation with Calcium Hydroxide and Activated Carbon. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 58(1): 476-481.
- Renkish. 2017. "What are Fossil Fuels". [https://www.conserve-energy-future.com/Disadvantages\\_FossilFuels.php](https://www.conserve-energy-future.com/Disadvantages_FossilFuels.php). (diakses pada tanggal 21 Oktober 2017).

- Reisberg K., Sun L., Leven L., Horn S.J., Schnurer A. 2013. *Biogas Production from Wheat Straw And Manure – Impact of Pretreatment and Process Operating Parameters*. **Bioresource Technology**, 149: 232-237.
- Rukmini, P. 2016. *Produksi Biogas dari Sampah Buah dan Sayur : Pengaruh Volatile Solid dan Limonen*. **Konversi**, 5(2): 26-31
- Sadaka, S.S. dan Engler, C.R. 2003. *Effect Of Initial Total Solids Om Composting Of Raw Manure With Biogas Recovery*. **Compost Sci. and Utilization**, 11(4): 361-369.
- Sadewo, V. D. 2014. *Permasalahan Bahan Bakar Minyak Indonesia*.  
<https://blogs.uaajy.ac.id/deansadewo24/2014/05/21/permasalahan-bahan-bakar-minyak-indonesia/>. (diakses tanggal 11 Januari 2018)
- Said, N. I; Haryoto; Nugro; dan Arie. 2006. Teknologi Pengolahan Limbah Tahu- Tempe Dengan Proses Biofilter Anaerob Dan Aerob.  
[www.enviro.bppt.go.id/~Kel-1/](http://www.enviro.bppt.go.id/~Kel-1/)
- Saputra, T., Triatmojo, S., Pertiwinigrum, A. 2010. *Produksi Biogas dari Campuran Feses Sapi dan Ampas Tebu (Bagasse) Dengan Rasio C/N yang Berbeda*. **Buletin Pertenakan**, 34(2): 114-122.
- Shahriari, H., Warith, M., Hamoda, M., Kennedy, K.J., 2012. *Effect of Leachate Recirculation on Mesophilic Anaerobic Digestion of Food Waste*. **Waste Manage**, 32:400–403.
- Sitorus, B., Sukandar., Panjaitan, P. D. 2013. *Biogas Recovery from Anaerobic Digestion Process of Mixed Fruit - Vegetable Wastes*. **Energy Procedia**, 32: 176-182

- Stroot, P.G., McMahon, K.D., Mackie, R.I., L. Raskin, 2001. *Anaerobic Co-Digestion of Municipal Solid Waste and Biosolids Under Various Mixing Conditions- I: Digester Performance*. **Water Res**, 135: 1804-1816.
- Subramanian, S.K. 1978. Biogas in Asia: A survey. Di dalam Barnett AL, Pyle L, Subramanian SK. Ottawa: Biogas Technology in the Thrid World.
- Tasnim, F., Iqbal, S, A., Chowdhury, A, R. 2017. *Biogas Production from Anaerobic Co- Digestion of Cow Manure With Kitchen Waste and Water Hyacinth*. **Renewable Energy**, 109(1): 434-439
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S. 1993. *Integrated Solid Waste Management*. Singapore: Mc Graw Hill
- Trubus, 2010. "Gas Sampah pasar Nyalakan Kompor". Trubus Online, <http://www.trubus-online.co.id/> (diakses pada tanggal 11 Januari 2018)
- Utomo, D. T., Hadiwidodo, M., Sudarno. 2014. *Pengaruh Pengadukan dan Variasi Feeding terhadap Pembentukan Biogas dari Sampah Dapur Rumah Makan pada Reaktor Batch dengan Aktivator Feses Sapi*. **Jurnal Teknik Lingkungan**. 3(2) .
- Wang, L., Shen, F., Yuan, H., Zou, D., Liu, Y., Zhu, B., Li, X. 2014. *Anaerobic Co- Digestion of Kitchen Waste and Fruit/Vegetable Waste: Lab-Scale and Pilot- Scale Studies*. **Waste Management**, 34: 2627-2633.
- Wahyuningrum, I. T., Sudarno., Sutrisno, Endro. 2014. *Pengaruh Pengenceran dan Pengadukan terhadap Produksi Biogas Limbah Rumah Makan menggunakan Starter Ekstrak Rumen Sapi*. Semarang: Jurusan Teknik Lingkungan, FT, UNDIP.

- Wellinger, J., Arthur, M., dan Baxter, D. 2014. *The Biogas Handbook: Science, Production and Applications*. Cambridge: Woodhead Publishing.
- Widianti, L. 2010. *Pengaruh Urea pada Biokonversi Xilosa menjadi Xilitol dari Hidrolisat Hemiselulosa Limbah Tanaman Jagung (Zea mays) oleh Debaryomyces hansenii*. Skripsi. Jurusan Kimia Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Widyastuti S., Suyantara, Y. 2017. *Penambahan Sampah Sayuran pada Fermentasi Biogas dari Kotoran Sapi dengan Starter EM4*. **Jurnal Teknik WAKTU**, 15(1): 36-42.
- Windyasmar, L., Pertiwinigrum, A., Yusiati, L. M., 2012. *Pengaruh Jenis Kotoran Ternak sebagai Substrat dengan Penambahan Serasah Daun Jati (Tectona grandis) Terhadap Karakteristik Biogas pada Proses Fermentasi*. **Buletin Peternakan**, 36(1): 40-47
- Yang, L., Huang, Y., Zhao, M., Miao, H., dan Ruan, W. 2015. *Enhancing Biogas Generation Performance from Food Wastes by High-Solids Thermophilic Anaerobic Digestion: Effect of pH Adjustment*. **International Biodeterioration and Biodegradation**, 26(1):153-159.
- Yani M dan Darwis AA. 1990. *Diktat Teknologi Biogas*. Pusat Antar Universitas Bioteknologi-IPB: Bogor
- Yu, H.Q., Fang, H.P.P., 2001. *Acidification ff Mid- and High-Strength Dairywastewaters*. **Water Res.** 35, 3697–3705
- Yuwono, C. W., dan Soehartanto, T. 2013. *Perancangan Sistem Pengaduk Pada Bioreaktor Batch untuk Meningkatkan Produksi Biogas*. **Jurnal Teknik POMMITS**, 2(1): 141-146.

- Zareei, S dan Khodaei, J. 2017. *Modeling and Optimization Of Biogas Production from Cow Manure and Maize Straw Using An Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*. **Renewable Energy**, 114 (1) 423-427.
- Zarkadas, I. S., Sofikiti, A. S., Voudrias, E. A., dan Pilidis, G. A. 2015. *Thermophilic Anaerobic Digestion of Pasteurised Food Wastes and Dairy Cattle Manure in Batch and Large Volume Laboratory Digesters: Focussing on Mixing Ratios*. **Renewable Energy**, 24(2): 432-440.
- Zhang, H., Zhang P., Ye, Ji., Wu, Y., Fang, W., Gou, X., Zheng, G. 2016. *Improvement of Methane Production from Rice Straw with Rumen Fluid Pretreatment: A Feasibility Study*. **International Biodeterioration and Biodegradation**, 13(1): 9-16.
- Zheng, Y., Zhao, J., Xu, F. & Li, Y. (2014). *Pretreatment of Lignocellulosic Biomass for Enhanced Biogas Production*. **Progress in Energy and Combustion Science**, 42(0):35-53.
- Zhiying, Y. 2015. The Effects of Initial Substrate Concentration, C/N Ratio, and Temperature. **Bioresource Technology**, 17(1): 266-273

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **LAMPIRAN**

### **LAMPIRAN A Prosedur Analisis**

#### **1. Perhitungan Substrat**

a. Peralatan dan bahan

Alat : Timbangan

Bahan : Sampah pasar dan feses sapi

b. Prosedur kerja analisis

- Sampah pasar dicacah ukuran  $\pm 2$  cm
- Timbang sampah pasar dan feses sapi dengan timbangan sesuai berat yang dibutuhkan.
- Masukkan ke reaktor

#### **2. Analisis Suhu**

a. Peralatan dan bahan

Alat : Termometer suhu

Bahan : Sampel

b. Prosedur kerja analisis

- Lakukan pembacaan pada termometer yang terpasang pada reaktor.

#### **3. Analisis pH**

a. Peralatan dan bahan

Alat : pH meter,

Bahan : Sampel, aquades

b. Prosedur kerja analisis

- Ambil sampel sebanyak 10 mL
- Ukur dan catat hasil pembacaan pH meter.
- Bilas pH meter dengan aquades

#### **4. Analisa Volume Gas**

a. Peralatan dan bahan

Alat : Pengukur Volume Gas

Bahan : Gas reaktor

b. Prosedur kerja analisis

Analisa gas yang terbentuk selama waktu pengamatan ialah dengan cara:

- Melihat pada Pengukur volume gas

- Mengamati jumlah pertambahan gasnya dan mencatatnya.

## 5. Analisis Total solid dan Volatil solid

### a. Peralatan dan bahan

Alat : Furnace dengan suhu 550°C, oven dengan suhu 105°C, cawan porselen, neraca analitis, desikator, dan penjepit.

Bahan : Sampel.

### b. Prosedur Kerja Analisis Kadar Air dan Total Solid

- Siapkan cawan porselen yang sudah dioven selama  $\pm 1$  jam, kemudian dinginkan di dalam desikator selama 15 menit.
- Timbang cawan porselen kosong dengan menggunakan neraca analitis, catat hasil pembacaannya (a).
- Tambahkan sampel sebanyak 10mL ke dalam cawan kosong, kemudian timbang dan catat hasil pembacaannya (b).
- Keringkan pada oven dengan suhu 105°C selama 24 jam. Dinginkan di dalam desikator selama 15 menit, kemudian timbang dengan neraca analitis dan catat hasil pembacaannya (c).
- Hitung Total Solid dengan rumus perhitungan.  

$$\text{Total Solid (mmg/L)} = 1000/\text{volume sampel} \times (b-a) \times 1000$$

Dimana:

a = berat awal cawan kosong

b = berat cawan kosong+sampel

### c. Prosedur Kerja Analisis Volatil Solid

- Cawan + berat kering (Total Solid) ditimbang dengan neraca analitik
- Cawan dimasukkan furnace dengan suhu 550°C selama 1 jam
- Keringkan pada oven dengan suhu 105°C selama 15 menit. Dinginkan di dalam desikator selama 15 menit, kemudian timbang dengan neraca analitis dan catat hasil pembacaannya (d).
- Hitung kadar volatil solid dengan rumus perhitungan.
- Volatil solid (%) =  $1000/\text{volume sampel} \times (d-a) \times 1000$

Dimana:



a = berat awal cawan kosong

d = berat cawan+sampel setelah difurnace

d. Analisis C-Organik

Nilai C organik melalui metode Walkey and Black

Alat: Neraca Analitik, Erlenmeyer 250 mL, pipet Tetes, Buret 50 mL.

Bahan: Aquades,  $K_2Cr_2O_7$  1 N,  $H_2SO_4$  95%, Air Destilat,  $H_2PO_4$  85%, NaF 4%, Indikator difenilamin,  $FeSO_4$  0,5 N.

Prosedur:

- Timbang 0,5 gram sampel.
- Ditambahkan aquades sebanyak 25 ml, lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml.
- Ditambahkan 5 ml  $K_2Cr_2O_7$  1 N dan 10 ml  $H_2SO_4$  95%, campuran dikocok perlahan.
- Didiamkan 30 menit dan kemudian ditambahkan 100 ml air destilat.
- Ditambahkan 5 ml  $H_2PO_4$  85%, 2,5 ml NaF 4%, dan 5 tetes difenilamin.
- Larutan dititrasikan dengan  $FeSO_4$  0,5 N sampai warna hijau terang.
- Lakukan cara yang sama untuk blanko.

$$C (\%) = \frac{ml\ K_2Cr_2O_7 \times (1 - \frac{S}{t})}{berat\ sampel} \times 0,3886\%$$

## 6. Analisis N-Total

### a. Peralatan dan bahan

Alat : Neraca analitik, spektrofotometer, labu pengencer 1000 mL, labu Erlenmeyer 100 mL

Bahan : Reagen campuran  $CuSO_4$  dan  $H_2SO_4$ , Garam signet, Larutan Nessler

### b. Prosedur kerja analisis

#### 1. Pembuatan Reagen

##### a. Campuran N-Digest

Dibuat dengan mencampurkan 1,55 g  $CuSO_4$  anhidrat, 96,9 g  $Na_2SO_4$  anhidrat dan 1,55 g selen kemudian dihaluskan.

##### b. $H_2SO_4$ pekat

4. Digunakan langsung dari botolnya tanpa dituang ke beaker glass.

##### c. Nessler

5. Campur dan haluskan 50 gram serbuk HgI<sub>2</sub> dan 35 gram KI kemudian dilarutkan dengan 80 gram NaOH yang sudah dilarutkan dengan aquades hingga 500 mL. Biarkan mengendap dan diambil supernatannya.

d. Garam Signet

6. Larutkan 50 gram K.Na.Tartrat ke dalam 500 mL aquades, kemudian ditambahkan 5 mL larutan nessler sebagai pengawet.

## **2. Prosedur**

7. Kandungan nitrogen atau kadar N dianalisisakan dengan metode kjeldahl dengan prosedur sebagai berikut:

- Mengambil sebanyak 0,2 gram dari sampel yang sudah bebas kadar air (berat sampel yang sudah dioven 24 jam, atau setelah melewati analisa kadar air)
- Menggerus sampel sampai halus
- Memasukkan kedalam gelas beaker yang tahan panas
- Menambahkan N-digest sebanyak 25 mL diamkan semalam
- Memanaskan diatas kompor hingga tersisa 5 mL
- Menambahkan aquadest sampai volume 20 mL
- Memanaskan kembali sampai tersisa 10 mL
- Mendinginkan sampai dingin dan terendap
- Mengambil 5 mL sampel air yang bebas endapan
- Memasukkan kedalam erlenmeyer
- Menambahkan air sampai dengan 25 mL
- Mengambil 10 mL campuran sampel tersebut
- Menambahkan 1 mL larutan nessler
- Menambahkan 1 mL larutan garam signet
- Membaca nilai absorbannya dengan spektrofotometri yang sudah dikalibrasi dengan panjang gelombang 410 nm dan dicatat.

$$\%N = \frac{\text{Konsentrasi Larutan} \times \text{Volume Larutan}}{\text{Berat Kering Sampel} \times 1000} \times 100$$

## **7. Rasio C/N**

Perhitungan rasio C/N dapat diperoleh dari kadar C dan kadar N kemudian dimasukkan ke dalam rumus:

$$\%C = \%N \times C/N$$

## **8. Analisa Volume Gas**

a. Peralatan dan bahan

Alat : Manometer

Bahan : Gas reaktor

b. Prosedur kerja analisis

Analisa gas yang terbentuk selama waktu pengamatan ialah dengan cara:

- Melihat pada manometer
- Mengamati jumlah pertambahan gasnya dan mencatatnya

## 9. Analisa Hemiselulosa, Selulosa, Lignin.

- Direflux 1 g sampel (a) dengan 150 ml H<sub>2</sub>O pada suhu 100°C
- Larutan disaring, dan dicuci menggunakan air panas 300 mL. residu kemudian dioven hingga berat konstan (b)
- Residu ditambahkan 150 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N, dan direflux selama 1 jam pada suhu 100 °C
- Larutan disaring dan dicuci menggunakan air panas, kemudian dioven (c)
- Residu ditambahkan 10 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 72%, dan direndam selama 4 jam pada suhu kamar
- Ditambahkan 150 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N, dan direflux selama 1 jam
- Residu dicuci menggunakan H<sub>2</sub>O, kemudian dioven pada suhu 105 °C (d)
- Residu dibakar di *furnace* pada suhu 550 °C (e)

$$\text{Hemiselulosa} = \frac{b-c}{a} \times 100\%$$

$$\text{Selulosa} = \frac{c-d}{a} \times 100\%$$

$$\text{Lignin} = \frac{d-e}{a} \times 100\%$$

## 10. Alkalinitas

a. Peralatan dan Bahan

Alat: erlenmeyer 100 mL, pH meter, pipet ukur, pro-pipet, pipet tetes.

Bahan: Methyl orange, indikator PP (fenolftalein), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 N.

b. Prosedur

- Diambil sebanyak 25 ml larutan sampel ke dalam erlenmeyer 100 mL.

- Sampel diukur dengan pHmeter.
- Ditambahkan 2 tetes indikator PP.
- Apabila larutan berubah warna, ditambahkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1N hingga bening.
- Ditambahkan 2 tetes indikator MO.
- Dititrasi dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1 N.

$$\text{Akalinitas} = \frac{\text{ml H}_2\text{SO}_4 \times N \text{ H}_2\text{SO}_4 \times 50.000}{\text{ml sampel}}$$

## 11. Volatile Fatty Acids (VFA).

Alat: kompor, alat destilasi, kondensor, pipet ukur, pipet tetes, Labu destilat

Bahan: NaOH 0,1N, indikator PP, Aquades.

Prosedur:

- Larutan sampel disentrifuge sebanyak 200 mL selama 5 menit.
- Diambil larutan 100 mL supernatan, ditempatkan ke dalam labu destilasi.
- Ditambahkan 100 mL aquades, dan 5 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
- Kondensor disambung pada tabung adaptor, dan dilakukan destilasi pada rentang 5 mL/menit.
- Dibuang 15 mL larutan hasil destilasi pertama.
- 150 mL selanjutnya ditampung pada erlenmeyer.
- Ditambahkan 3 tetes indikator PP
- Dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N hingga berubah warna menjadi merah muda.
- Dicatat volume titrasi.

$$\text{mg Volatile Acids} = \frac{\text{mL NaOH} \times N \times 60.000}{\text{mL sampel} \times f}$$

## 12. Konsentrasi $\text{CH}_4$

$$\text{Konsentrasi } \text{CH}_4 \text{ (ppm)} = \frac{\% \text{Area } \text{CH}_4 \times \text{Vol Gas (mL)}}{100 \times 0,0448 \times 10000}$$

## LAMPIRAN B Hasil Analisis

Tabel B. 1 Analisa pH

<b>Ha riK e-</b>	<b>A100B 12</b>	<b>A30 B12</b>	<b>A50 B12</b>	<b>A0B 12</b>	<b>A100 B8</b>	<b>A30 B8</b>	<b>A50 B8</b>	<b>A0B 8</b>	<b>A100 B0</b>	<b>A30 B0</b>	<b>A50 B0</b>	<b>A0B0</b>
3	6.87	5.53	5.66	5.07	6.92	5.49	5.62	5.03	6.72	5.47	5.94	5.09
6	7.18	5.68	6	5.17	7.18	5.62	5.81	5.12	7.23	5.53	5.83	5.12
9	6.88	5.59	5.74	5.14	6.91	5.56	5.69	5.11	6.79	5.43	5.58	5.25
12	7.26	5.79	5.87	5.26	7.42	5.72	5.87	5.27	7.38	5.5	5.76	5.24
15	6.85	5.59	5.73	5.25	6.82	5.58	5.62	5.24	6.81	5.47	5.57	5.24
18	7.2	5.7	5.81	5.34	7.48	5.66	5.81	5.39	6.93	5.51	5.6	5.19
21	6.72	5.35	5.37	5.11	6.79	5.31	5.36	5.15	6.68	5.29	5.33	5.1
24	7.17	5.4	5.55	5.12	7.27	5.34	5.46	5.19	7.28	5.27	5.42	5.15
27	6.88	5.3	5.37	4.98	6.76	5.29	5.38	5.1	6.89	5.26	5.41	5.16
30	7.4	5.2	5.58	5	7.15	5.3	5.39	5	7.3	5.2	5.4	5.1

Tabel B. 2 Kondisi Alkalinitas

Har i Ke-	A100B 12	A30B1 2	A50 B12	A0B 12	A100 B8	A30 B8	A50 B8	A0B 8	A100 B0	A30 B0	A50 B0	A0B0
6	1400	1100	1240	820	1340	1200	1140	900	1060	920	1200	860
12	2240	1920	2000	1500	2200	1920	1940	1580	2240	1900	1960	2020
18	2100	1960	1800	1680	2120	1860	1920	1840	2000	1900	1900	1860
24	2220	1740	1760	1280	2100	1800	1800	1560	2220	1720	1880	1700
30	2100	1520	1600	1100	2040	1500	1720	1200	1900	1500	1400	1500

Tabel B. 3 Pengukuran Suhu

Ha ri Ke-	A100B 12	A30B 12	A50B 12	A0B1 2	A100 B8	A30B 8	A50B 8	A0B 8	A100 B0	A30B 0	A50B 0	A0B 0
1	29	28	28	28	29	28	28	28	28	29	29	28
2	28	28	27	27	28	27	27	27	27	28.5	28.5	28
3	29	28	28	28	28	30	28	28	28	29	29	28
4	29	28	28	28	30	28	28	29	29	29	29	29
5	28	27	27	27	29	27	27	28	27	28	28	28

Ha ri Ke-	A100B 12	A30B 12	A50B 12	A0B1 2	A100 B8	A30B 8	A50B 8	A0B 8	A100 B0	A30B 0	A50B 0	A0B 0
6	29	29	28.5	29	32	29.5	29	30	29	30	30	30
7	29	29	28	29	31	29	28	29	29	30	30	30
8	29	28	28	29	29.5	28.5	28	29	28.5	29	29	28
9	29	29	28	29	29	29	28	29	28	30	30	29
10	29.5	28	27	28.5	28	28	28	28	28	28	28	28
11	29	29	28.5	30	29	29	29	29	29	29	29	29
12	30	32	30	31	30	30	30	31	30	31	31	30
13	28	28.5	27	28	28	28	28	28.5	27	29	28	28
14	28	28	27	29	29	28	28	28	28	28	28	28
15	28	28	27	28	28	28	28	28	27	28	28	28
16	27	28	27	28	28	27	27	27	27	27	27	28
17	29	30	28.5	30	29	29	29	29	29	29	29	29
18	31	31	29	31.5	30	30	30.5	31.5	30	31	30	31
19	30.5	31	29	30	30	30	30	30	29.5	31	30	31
20	30	30	29	30	30	30	29.5	30	30	30	29	30
21	29	29.5	28.5	29.5	29	29.5	29	30	29	30	28	30

Ha ri Ke-	A100B 12	A30B 12	A50B 12	A0B1 2	A100 B8	A30B 8	A50B 8	A0B 8	A100 B0	A30B 0	A50B 0	A0B 0
22	30	30	28	29	29	29	29	29	29	30	28.5	29.5
23	30	30	28.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29	30.5	28.5	30
24	30	30	29	30	30	30	29.5	30	29.5	31	28	30
25	30.5	30.5	29	30	30	30	30	30	30	31	29	30
26	30	30.5	29	30	30	30	30	30	30	31	28	30.5
27	31	31	29.5	31	30.5	30	31	30	30.5	31.5	29	31
28	30	30	29	30	30	29.5	30	30	30	31	28	30
29	30.5	30.5	29	30	30	30	30	30	30	31	28	31
30	30.5	31	29	30	30	30	30	30	30	31	28	31



Tabel B. 4 Volume Gas

H ari Ke -	A100 B12	A30B 12	A50B 12	A0B1 2	A100 B8	A30B 8	A50B 8	A0B8	A10 0B0	A30B 0	A50B0	A0B0
1	0.25	0.064	0.32	0.32	0	0.25	0.19	0.13	0.38	0.19	0	0
2	0.25	0	0	0	0.064	0.32	0.13	0.064	0.32	0	0.123	0
3	0.25	0.064	0.13	0	0.064	0.32	0.25	0.19	0.19	0	0	0
4	0.25	0.064	0.13	0	0.13	0.25	0.38	0.19	0.38	0	0	0
5	0.32	0.19	0.123	0.064	0.19	0.32	0.19	0.19	0.25	0	0	0
6	0.13	0.064	0.19	0	0.064	0.25	0.13	0.064	0.25	0	0	0
7	0.19	0.064	0.19	0.064	0.064	0.25	0.13	0.064	0.064	0	0	0
8	0.25	0.064	0.13	0	0.064	0.064	0.13	0.064	0.064	0	0	0
9	0.25	0.064	0.19	0	0	0	0.13	0.13	0.13	0	0	0
10	0.25	0	0.19	0	0	0	0.064	0.13	0.064	0.19	0	0
11	0.19	0.064	0.13	0	0	0.064	0.13	0.19	0.13	0	0	0.064
12	0,19	0.064	0.19	0	0	0	0.064	0.13	0	0.57	0	0
13	0,19	0.064	0.13	0	0	0	0.064	0	0.25	0	0	0

H ari Ke -	A100 B12	A30B 12	A50B 12	A0B1 2	A100 B8	A30B 8	A50B 8	A0B8	A10 0B0	A30B 0	A50B0	A0B0
14	0,19	0	0.13	0	0	0	0.064	0.064	4	0	0	0
15	0,19	0	0.13	0	0	0	0.064	0.064	0.064	0	0	0.064
16	0,25	0	0.13	0	0	0.064	0.064	0.064	0.13	2.1	0	0
17	0.19	0	0.13	0	0.064	0	0.064	0.064	0.13	0	0	0
18	0.25	0.13	0.13	0	0.064	0.064	0	0.13	0.064	0	0	0.064
19	0.32	0.13	0.13	0	0.064	0.064	0	0.064	0.13	1.8	0	0
20	0.32	0.19	0.13	0	0	0	0.064	0.064	0	2.1	0	0
21	0.38	0.19	0.13	0	0	0	0	0.064	0.13	3.1	0	0
22	0.19	0.25	0.064	0	0.064	0.064	0.064	0.13	0.13	0	0	0.064
23	0.25	0.25	0.13	0	0	0	0.064	0.13	0.19	0	0	0
24	0.25	0.32	0.13	0	0	0.064	0	0.13	0.13	0	0	0
25	0.13	0.064	0.13	0	0	0	0.064	0	0.13	0	0	0
26	0.25	0.32	0.19	0	0.064	0	0.064	0.13	0.13	0	0	0
27	0.25	0.25	0.13	0	0	0	0.064	0.064	0.25	0	0	0
28	0.32	0.25	0.13	0.064	0.064	0.064	0.064	0.13	0.19	0	0	0

H ari Ke -	A100 B12	A30B 12	A50B 12	A0B1 2	A100 B8	A30B 8	A50B 8	A0B8	A10 0B0	A30B 0	A50B0	A0B0
29	0.25	0.32	0.19	0	0	0.064	0	0.064	0.064	0	0	0
30	0.32	0.32	0.13	0	0.064	0.13	0	0.13	0.064	0	0	0

Tabel B. 5 Analisa VS

Har i Ke-	A100B1 2	A30B1 2	A50B1 2	A0B1 2	A100B 8	A30B 8	A50B 8	A0B 8	A100B 0	A30B 0	A50B 0	A0B 0
3	9660	7750	7480	12720	10240	16760	13180	11550	10560	16420	25420	21660
6	12070	8550	7910	8080	10890	15910	10870	9720	10420	18510	7160	35700
9	9240	6590	7890	7830	10090	13700	6560	13800	10210	6810	12830	35700
12	10060	6850	6440	6120	7550	9510	9160	10490	9340	11020	12040	35480
15	10410	8110	8710	6050	10010	8010	6980	10000	9390	12630	14170	12960
18	10210	8130	5550	6020	8490	7160	8420	8180	9440	11030	11800	27670
21	8390	7070	8170	5020	9400	7390	7480	8070	9150	9800	11060	3160
24	9630	4850	6310	4410	9090	6270	8660	4910	10390	8230	11640	1361

<b>Hari Ke-</b>	<b>A100B12</b>	<b>A30B12</b>	<b>A50B12</b>	<b>A0B12</b>	<b>A100B8</b>	<b>A30B8</b>	<b>A50B8</b>	<b>A0B8</b>	<b>A100B0</b>	<b>A30B0</b>	<b>A50B0</b>	<b>A0B0</b>
												0
27	9740	5850	6960	3640	9980	5500	6700	5260	10140	10840	13660	16050
30	9140	5290	6840	3790	9360	5470	8030	5180	9290	10840	12210	8710

Tabel B. 6 Analisa TS

<b>Hari Ke</b>	<b>A100B12</b>	<b>A30B12</b>	<b>A50B12</b>	<b>A0B12</b>	<b>A100B8</b>	<b>A30B8</b>	<b>A50B8</b>	<b>A0B8</b>	<b>A100B0</b>	<b>A30B0</b>	<b>A50B0</b>	<b>A0B0</b>
3	56320	26360	27890	27580	61500	52380	51820	25630	64690	49660	84320	42120
6	73210	30100	31110	19290	64920	52870	42480	23470	61270	59290	23070	65400
9	54270	22940	30880	18280	57860	46440	40540	35040	59840	21780	49070	64950
12	58630	23170	27590	14890	49720	36610	39070	24480	60500	36610	49180	66700
15	61460	30470	39740	15020	57620	29640	29330	24460	55110	45400	58330	29120
18	53380	32740	22870	14690	50760	28520	46430	20020	57460	44880	46370	55790
21	46220	28500	41010	13360	53550	30020	34926.67	19020	54590	38780	48730	24530
24	53270	18410	28150	12260	51930	24850	43480	14920	60400	33340	54060	29160

Hari Ke	A100B12	A30B12	A50B12	A0B12	A100B8	A30B8	A50B8	A0B8	A100B0	A30B0	A50B0	A0B0
27	53810	24440	33120	10230	58920	23110	32910	14020	57870	49400	61870	36980
30	53720	24280	35640	12360	55840	27360	42670	14930	55620	47380	61200	20360

Tabel B. 7 Analisa C-organik

Hari Ke-	A100B12	A30B12	A50B12	A0B12	A100B8	A30B8	A50B8	A0B8	A100B0	A30B0	A50B0	A0B0
6	0.430781	7.098363	4.031405	0.467935	1.430856	5.005983	5.195626	0.926958	4.650048	5.371138	13.85461	4.196362
12	1.93508	3.82836	0.972166	4.508772	0.843954	1.59758	0.400971	0.305475	2.333048	1.025665	1.08314	2.721634
18	0.417455	0.625087	0.626976	1.98	1.164706	3.089853	1.510792	1.749992	0.30788	0.583652	0.827133	0.903483
24	0.437551	2.834515	4.068636	10.11046	1.423744	1.445493	0.102602	1.301259	1.010044	2.690605	0.637574	0.491055
30	0.356867	1.834732	2.260352	7.701655	1.526051	0.05399	0.556128	2.23328	0.353932	0.584316	0.068175	0.744003

Tabel B. 8 Analisa Lignin

Hari Ke-	A1B1	A2B1	A3B1	A4B1	A1B2	A2B2	A3B2	A4B2	A1B3	A2B3	A3B3	A4B3
3	2.60	2.43	1.82	1.80	2.36	2.02	1.36	1.40	2.33	2.05	1.35	1.39
6	2.90	2.86	2.64	2.55	2.36	2.21	1.98	1.96	2.03	2.19	1.95	1.94

Hari Ke-	A1B1	A2B1	A3B1	A4B1	A1B2	A2B2	A3B2	A4B2	A1B3	A2B3	A3B3	A4B3
9	2.08	2.02	2.01	1.88	2.11	2.05	1.94	1.85	2.16	1.92	1.92	1.86
12	2.01	1.98	1.92	1.85	2.07	1.86	1.83	1.80	2.10	1.85	1.82	1.78
15	1.76	1.56	1.29	1.23	1.78	1.42	1.31	1.21	1.81	1.40	1.25	1.22
18	1.34	1.22	1.11	1.01	1.31	1.18	1.09	0.92	1.30	1.17	1.05	0.90
21	1.89	1.68	1.59	1.32	1.81	1.56	1.53	1.28	1.80	1.55	1.53	1.25
30	0.96	0.95	0.90	0.72	0.95	0.88	0.81	0.64	0.93	0.82	0.79	0.61

Tabel B. 9 Analisa Selulosa

Reaktor	Hari Ke-							
	3	6	9	12	15	18	21	30
A1B1	22.96	22.18	22.82	23.05	23.98	23.90	23.18	25.05
A2B1	23.54	22.34	23.15	23.65	24.61	24.09	24.05	25.24
A3B1	22.56	23.86	23.58	23.76	24.90	24.39	24.21	25.51
A4B1	22.55	23.51	24.23	23.88	25.14	24.82	24.48	25.88
A1B2	23.42	23.46	22.98	23.18	24.51	23.88	23.31	25.52
A2B2	24.91	24.15	24.22	23.72	24.76	24.21	24.52	25.38
A3B2	23.08	25.74	23.90	23.88	25.08	24.51	24.21	25.62
A4B2	23.05	24.98	24.78	24.03	25.22	24.91	24.90	25.82

Reaktor	Hari Ke-							
	3	6	9	12	15	18	21	30
A1B3	23.40	23.45	23.56	23.19	24.68	23.95	23.36	26.01
A2B3	24.89	24.20	24.20	23.73	24.80	24.26	24.88	25.40
A3B3	23.10	25.54	24.11	24.01	25.10	24.68	24.78	25.81
A4B3	23.11	24.96	24.86	24.05	25.28	24.98	25.02	25.81

Tabel B. 10 Analisa Hemiselulosa

Reaktor	Hari Ke-							
	3	6	9	12	15	18	21	30
A1B1	12.46	13.08	13.18	13.31	13.21	14.05	13.58	14.81
A2B1	12.58	13.24	13.51	14.05	14.02	14.21	14.11	15.01
A3B1	13.15	13.48	13.86	14.20	14.18	14.65	14.23	15.14
A4B1	13.10	13.62	14.16	14.40	14.21	14.58	14.36	15.20
A1B2	12.51	13.42	13.66	13.20	13.70	14.09	13.20	14.92
A2B2	13.43	13.86	13.95	14.11	14.11	14.28	14.17	15.06
A3B2	13.48	14.25	14.03	14.21	14.20	14.28	14.29	15.16
A4B2	13.90	14.11	14.25	14.38	14.22	14.12	14.39	15.23
A1B3	12.48	13.40	13.80	13.71	13.82	14.12	13.69	14.95

Reaktor	Hari Ke-							
	3	6	9	12	15	18	21	30
A2B3	13.44	13.85	14.01	14.15	14.12	14.32	14.20	15.12
A3B3	13.90	14.30	14.11	14.21	14.21	14.28	14.33	15.20
A4B3	13.94	14.10	14.26	14.42	14.21	14.61	14.43	15.24

Reaktor	Hari ke-				
	6	12	18	30	60
A1B1	1.12	1.14	1.22	1.41	1.22
A2B1	1.18	1.24	1.29	1.45	1.29
A3B1	1.36	1.26	1.33	1.48	1.36
A4B1	1.42	1.25	1.35	1.51	1.38
A1B2	1.24	1.25	1.28	1.45	1.31
A2B2	1.32	1.20	1.32	1.48	1.33
A3B2	1.42	1.24	1.35	1.51	1.38
A4B2	1.56	1.30	1.38	1.56	1.45
A1B3	1.38	1.28	1.30	1.48	1.36
A2B3	1.38	1.21	1.33	1.51	1.36
A3B3	1.44	1.29	1.40	1.55	1.42



Reaktor	Hari ke-				
	6	12	18	30	60
A4B3	1.55	1.32	1.38	1.56	1.45

Tabel B. 11 Analisis BOD

Ha ri Ke-	A100B 12	A30B1 2	A50B 12	A0B12	A100 B8	A30 B8	A50 B8	A0B 8	A100 B0	A30 B0	A50 B0	A0B 0
6	2688	2500	20513	1152	1042	14493	14218	1920	52117	48148	30769	12422
12	11232	960	5760	8096	4176	5120	1760	1680	9407	5824	3448	20755
18	16390	16258	16136	16126	16510	16390	16154	16141	16525	16210	16031	16025
24	16180	16050	15855	15775	16245	16185	15938	15805	10585	16210	16031	16025
30	5815	5280	5044	4905	5782	5195	4811	4813	5705	5209	4953	4850

## B.27 Uji Lab Gas Metan

### B.27.1 Uji Gas Metan A100B12 Hari ke-15

TECHCOMP

Chromatograph Analysis Report

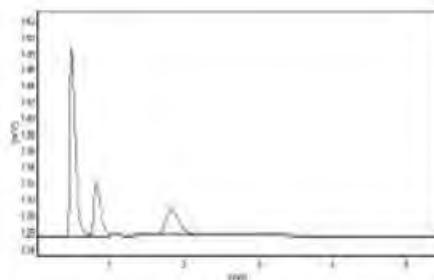
#### A1B1

Chrom. File Name : C:\D-7900E\ChrData\A1B1

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

#### Instrument Condition :

Inst. Model : GC7900  
Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 60 mA  
Inlet : CIP, Temp = 80 C  
Columnn : Porapak Q  
Oven : 43C (8 min)



#### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Udara	0.477	23029	112237	59.1996	BV
2	Methane	0.81	6404	38581	20.34976	VB
3	CO2	1.821	3073	36772	20.45044	BB
TOTAL			32506	189590	100	

Date/Time : 04/04/2018 09:15:27

Page 1

## B.27.2 Uji Gas Metan A100B8 Hari ke-15



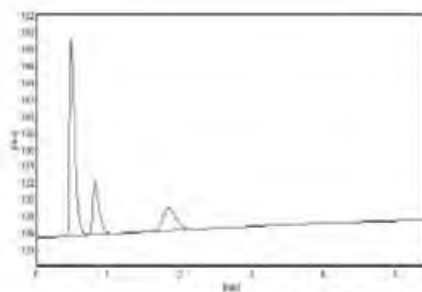
### A1B2

Chrom. File Name : C:\D-7900E\ChrData\A1B2

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

#### Instrument Condition :

Inst. Model : GC7900  
 Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 60 mA  
 Inlet : CIP, Temp = 80 C  
 Columnin : Porapak Q  
 Oven : 43C (5 min)



### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Udara	0.481	23476	118871	62.58593	BV
2	Methane	0.815	6220	37474	19.73326	V8
3	CO2	1.837	2681	33557	17.67081	BB
TOTAL			32377	109902	100	

### B.27.3 Uji Gas Metan A100B0 Hari ke-15

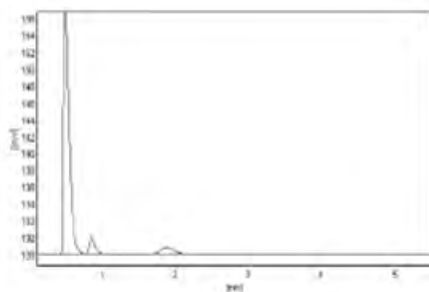
#### A1B3

Chrom. File Name : C:\D-7900E\ChrData\A1B3

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

#### Instrument Condition :

Inst. Model : GC7900  
Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 80 mA  
Inlet : CIP, Temp = 80 C  
Column : Porapak Q  
Oven : 43C (8 min)



#### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Udara	0.474	31429	172694	89.03338	BV
2	Methane	0.843	1936	11042	5.59609	VB
3	CO2	1.877	843	10223	5.27053	BB
TOTAL			34210	193965	100	

## B.27.4 Uji Gas Metan A30B12 Hari ke-15

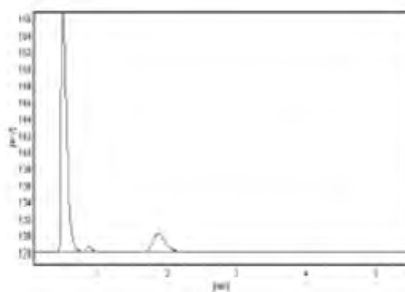
### A2B1

Chrom. File Name : C:\D-7900E\ChrData\A2B1

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

#### Instrument Condition :

Inst. Model : GC7900  
 Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 60 mA  
 Inlet : CIP, Temp = 80 C  
 Coloumn : Porapak Q  
 Oven : 43C (8 min)



#### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Udara	0.451	31710	169264	85.17866	BV
2	Methane	0.863	555	3123	1.57141	VB
3	CO2	1.855	2121	26330	13.24993	BB
TOTAL			34386	196717	100	

## B.27.5 Uji Gas Metan A30B8 Hari ke-15

ECHCOMP

Chromatography Analysis Report

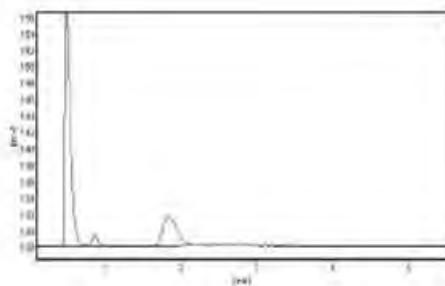
### A2B2

Chrom. File Name : C:\D-7900E\ChrData\A2B2

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

#### Instrument Condition :

Inst. Model : GC7900  
 Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 80 mA  
 Inlet : CIP, Temp = 80 C  
 Column : Porapak Q  
 Oven : 43C (8 min)



#### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Udara	0.453	29748	152770	74.69675	BV
2	Methane	0.856	1260	6936	3.39146	VB
3	CO2	1.827	3525	44814	21.91179	BB
TOTAL			34533	204520	100	

Date/Time : 04/04/2018 09:15:27

Page 1

## B.27.6 Uji Gas Metan A30B0 Hari ke-15

TECHCOMP

Chromatography Analysis Report

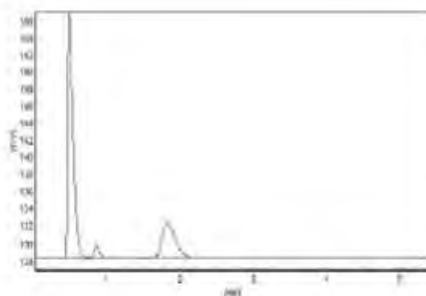
### A2B3

Chrom. File Name : C/D-7900E\ChrData\A2B3

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

#### Instrument Condition :

Inst. Model : GC7900  
 Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 80 mA  
 Inlet : CIP, Temp = 80 C  
 Column : Porapak Q  
 Oven : 43C (5 min)



#### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Udara	0.479	28691	145612	72.38742	BV
2	Methane	0.851	1319	7147	3.54802	VB
3	CO2	1.515	3809	48474	24.06456	BB
TOTAL			33819	201433	100	

Date/Time : 04/04/2018 09:15:27

Page 1

## B.27.7 Uji Gas Metan A50B12 Hari ke-15

### A3B1

Chrom. File Name : C:\D-7600E\ChrData\A3B1

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

#### Instrument Condition :

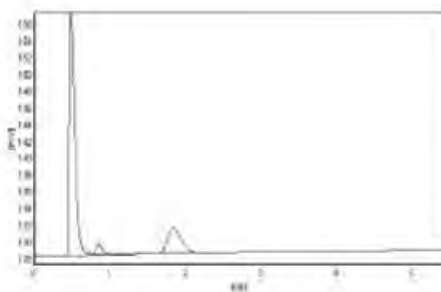
Inst. Model : GC7800

Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 80 mA

Inlet : CIP, Temp = 80 C

Columnn : Porapak Q

Oven : 43C (8 min)



#### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Udara	0.483	29056	153063	77.03196	UV
2	Methane	0.857	1261	6978	3.51133	VB
3	CO2	1.837	3068	38666	19.45671	BB
TOTAL			34185	196727	100	



## B.27.8 Uji Gas Metan A5B8 Hari ke-15

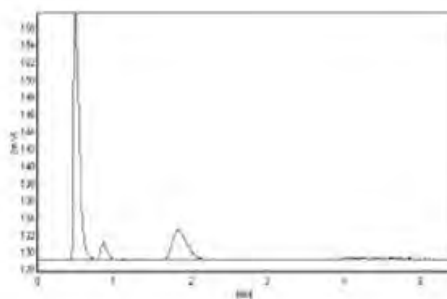
### A3B2

Chrom. File Name : C:\D-7900E\ChrData\A3B2

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

#### Instrument Condition :

Inst. Model : GC7900  
 Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 60 mA  
 Inlet : CIP, Temp = 80 C  
 Column : Porapak Q  
 Oven : 43C (5 min)



### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Udara	0.452	29112	149096	73.7636	BV
2	Methane	0.551	1832	9944	4.91958	VB
3	CO2	1.631	3398	43087	21.31661	BB
TOTAL			34342	202127	99.99999	

## B.27.9 Uji Gas Metan A5B0 Hari ke-15

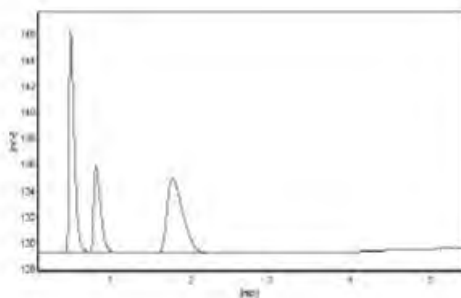
### A3B3

Chrom. File Name : C:\D-7900E\ChrData\A3B3

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

#### Instrument Condition :

Inst. Model : GC7900  
 Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 80 mA.  
 Inlet : CIP, Temp = 80 C  
 Column : Porapak Q  
 Oven : 43C (8 min)



### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Udara	0.479	16882	77343	39.97325	BV
2	Methane	0.803	6605	39009	20.1613	VB
3	CO2	1.767	5730	77134	39.86545	BB
TOTAL			29217	193486	100	

## B.27.10 Uji Gas Metan A0B12 Hari ke-15

ECHECOMP

Chromatograph Analysis Report

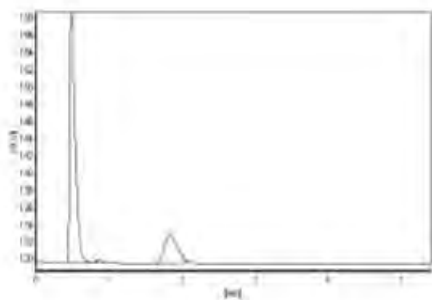
A4B1

Chrom. File Name : C:\D-7900E\ChrData\A4B1

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

### Instrument Condition :

Inst. Model : GC7900  
 Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 60 mA  
 Inlet : CIP, Temp = 80 C  
 Columnn : Porapak Q  
 Oven : 43C (8 min)



### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Udara	0.477	30692	157958	78.53893	BV
2	Methane	0.857	402	2222	1.10493	VB
3	CO2	1.828	3250	40940	20.35614	BB
TOTAL			34544	201120	100	

Date/Time : 04/04/2018 09:15:27

Page 1

## B.27.11 Uji Gas Metan A0B8 Hari ke-15

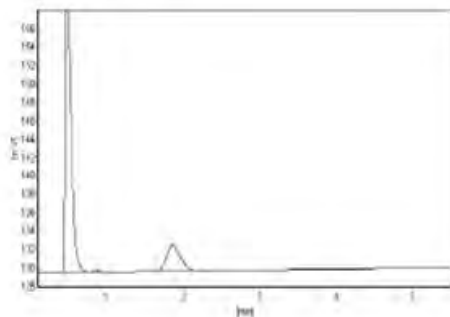
### A4B2

Chrom. File Name : C:\D-7900E\ChrData\A4B2

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

#### Instrument Condition :

Inst. Model : GC7900  
 Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 60 mA  
 Inlet : CIP, Temp = 80 C  
 Column : Porapak Q  
 Oven : 43C (8 min)



#### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Udara	0.481	31795	165406	62.45418	BV
2	Methane	0.864	195	1070	0.53336	VB
3	CO2	1.641	2749	34144	17.01246	BB
TOTAL			34739	200700	100	

## B.27.12 Uji Gas Metan A0B0 Hari ke-15



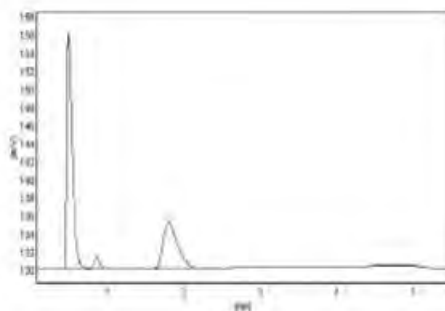
### A4B3

Chrom. File Name : C:\D-7200E\ChrData\A4B3

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

#### Instrument Condition :

Inst. Model : GC7900  
 Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 80 mA  
 Inlet : CIP, Temp = 80 C  
 Column : Porapak Q  
 Oven : 43C (8 min)



#### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Udara	0.478	29045	128741	63.4133	BV
2	Methane	0.849	1296	6953	3.42467	VB
3	CO2	1.79	5140	67325	33.16202	BB
TOTAL			32481	203019	99.99999	

## B.27.13 Uji Gas Metan A100B12 Hari ke-30

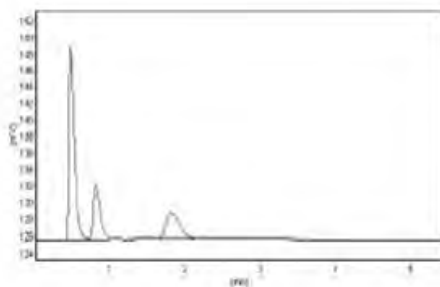
### A1B1

Chrom. File Name : C:\D-7900E\ChrData\A1B1

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

#### Instrument Condition :

Inst. Model : GC7900  
 Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 60 mA  
 Inlet : CIP, Temp = 80 C  
 Columnn : Porapak Q  
 Oven : 43C (8 min)



### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Udara	0.477	23029	112237	59.1998	BV
2	Methane	0.61	6404	36561	20.34976	VB
3	CO2	1.821	3073	38772	20.45044	BB
TOTAL			32506	189590	100	

## B.27.14 Uji Gas Metan A100B8 Hari ke-30

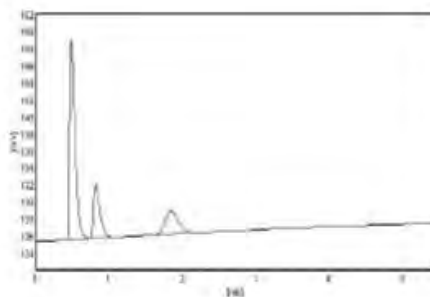
### A1B2

Chrom. File Name : C:\D-7900E\ChrData\A1B2

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

#### Instrument Condition :

Inst. Model : GC7900  
 Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 60 mA  
 Inlet : CIP, Temp = 80 C  
 Columnn : Porapak Q  
 Oven : 43C (8 min)



### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Udara	0.481	23476	118871	62.59593	BV
2	Methane	0.615	6220	37474	19.73326	VB
3	CO2	1.637	2681	33557	17.67081	BB
TOTAL			32377	109902	100	

## B.27.15 Uji Gas Metan A100B0 Hari ke-30

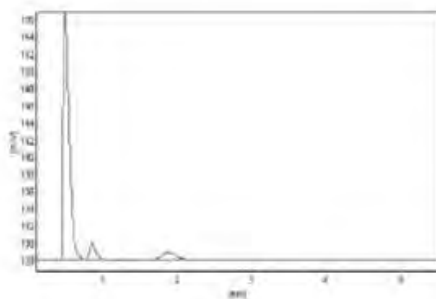
### A1B3

Chrom. File Name : C:\D-7900E\ChrData\A1B3

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

#### Instrument Condition :

Inst. Model : GC7900  
 Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 80 mA  
 Inlet : CIP, Temp = 80 C  
 Columnn : Porapak Q  
 Oven : 43C (8 min)



#### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Udara	0.474	31429	172694	89.03338	BV
2	Methane	0.843	1938	11048	5.69609	VB
3	CO2	1.877	843	10223	5.27053	BB
TOTAL			34210	193965	100	



## B.27.16 Uji Gas Metan A30B12 Hari ke-30

TECHCOMP

Chromatography Analysis Report

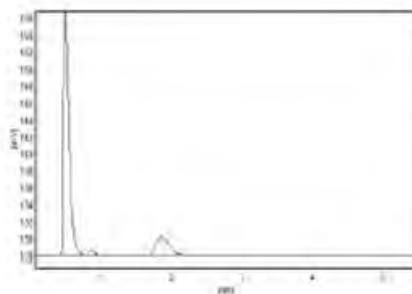
### A2B1

Chrom. File Name : C:\D-7900E\ChrData\A2B1

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

#### Instrument Condition :

Inst. Model : GC7900  
 Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 80 mA  
 Inlet : CIP, Temp = 80 C  
 Columnn : Porapak Q  
 Oven : 43C (8 min)



#### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Udara	0.451	31710	169264	85.17866	BV
2	Methane	0.863	555	3123	1.57141	VB
3	CO2	1.855	2121	26330	13.24993	BB
TOTAL			34386	198717	100	

Date/Time : 04/04/2018 09:15:27

Page 1

## B.27.17 Uji Gas Metan A30B8 Hari ke-30

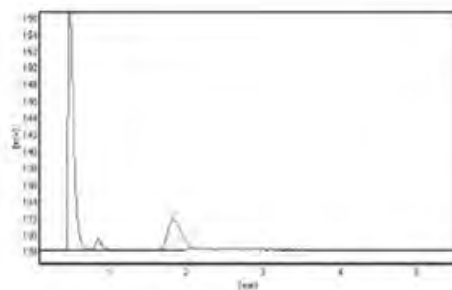
### A2B2

Chrom. File Name : C:\D-7900E\ChrData\A2B2

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

#### Instrument Condition :

Inst. Model : GC7900  
 Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 80 mA  
 Inlet : CIP, Temp = 80 C  
 Column : Porapak Q  
 Oven : 43C (8 min)



### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Udara	0.483	29748	151770	74.69675	BV
2	Methane	0.856	1260	6996	3.39146	VB
3	CO2	1.827	3525	44814	21.91179	BB
TOTAL			34533	204520	100	

## B.27.18 Uji Gas Metan A30B0 Hari ke-30

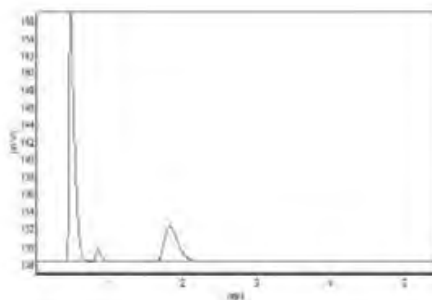
### A2B3

Chrom. File Name : CID-7900E\ChrData\A2B3

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

#### Instrument Condition :

Inst. Model : GC7900  
Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 60 mA  
Inlet : O/P, Temp = 80 C  
Column : Porapak Q  
Oven : 43C (8 min)



#### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Udara	0.479	20691	145812	72.38742	BV
2	Methane	0.851	1319	7147	3.54802	VB
3	CO2	1.818	3809	48474	24.06456	BB
TOTAL			33819	201433	100	

## B.27.19 Uji Gas Metan A50B12 Hari ke-30

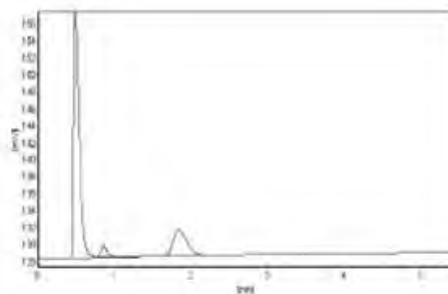
### A3B1

Chrom. File Name : C:\D-7900E\ChrData\A3B1

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

#### Instrument Condition :

Inst. Model : GC7900  
 Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 60 mA  
 Inlet : CIP, Temp = 80 C  
 Column : Porapak Q  
 Oven : 43C (8 min)



#### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Udara	0.463	29056	153063	77.03196	BV
2	Methane	0.857	1261	6978	3.51133	VB
3	CO2	1.837	3066	30666	19.45671	BB
TOTAL			34185	196727	100	

## B.27.20 Uji Gas Metan A50B8 Hari ke-30

TECHCOMP

Chromatography Analysis Report

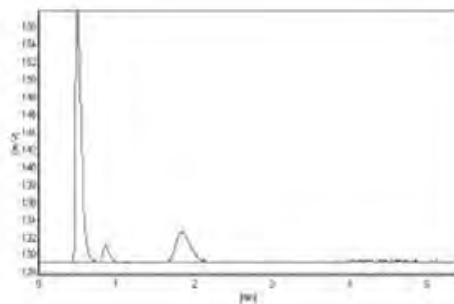
### A3B2

Chrom. File Name : C:\D-7900E\ChrData\A3B2

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

#### Instrument Condition :

Inst. Model : GC7900  
Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 60 mA  
Inlet : CIP, Temp = 80 C  
Columnn : Porapak Q  
Oven : 43C (8 min)



#### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Udara	0.432	29112	149096	73.7638	BV
2	Methane	0.851	1832	9944	4.91856	VB
3	CO2	1.831	3396	43087	21.31661	BB
TOTAL			34342	202127	99.99999	

Date/Time : 04/04/2018 09:15:27

Page 1

## B.27.21 Uji Gas Metan A0B12 Hari ke-30

TECHCOMP

Chromatography Analysis Report

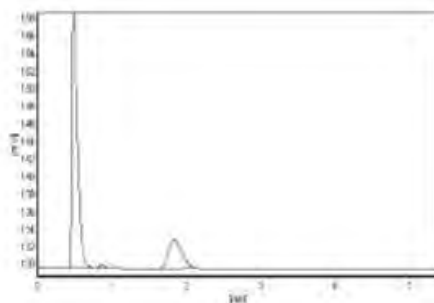
### A4B1

Chrom. File Name : C:\D-7900E\ChrData\A4B1

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

#### Instrument Condition :

Inst. Model : GC7900  
 Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 80 mA  
 Inlet : CIP, Temp = 60 C  
 Column : Porapak Q  
 Oven : 43C (8 min)



#### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Udara	0.477	30892	157958	78.53893	BV
2	Methane	0.857	402	2222	1.10493	VB
3	CO2	1.828	5290	40940	20.35614	BB
TOTAL			34544	201120	100	

Date/Time : 04/04/2018 09:15:27

Page 1

## B.27.22 Uji Gas Metan A0B8 Hari ke-30

**ECHCOMP**

Chromatography Analysis Report

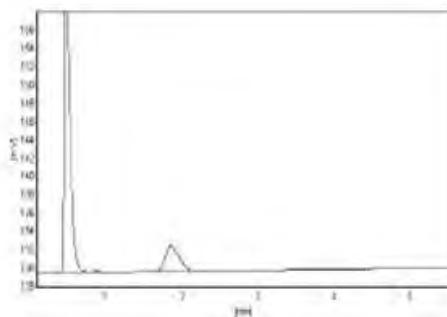
### A4B2

Chrom. File Name : C:\D-7900E\ChrData\A4B2

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

#### Instrument Condition :

Inst. Model : GC7900  
 Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 60 mA  
 Inlet : CIP, Temp = 80 C  
 Column : Porapak Q  
 Oven : 43C (8 min)



### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Utlara	0.481	31795	165486	82.45418	BV
2	Methane	0.664	195	1070	0.53336	VB
3	CO2	1.641	2749	34144	17.01246	BB
TOTAL			34739	200700	100	

Date/Time : 04/04/2018 09:15:27

Page 1

## B.27.23 Uji Gas Metan A0B0 Hari ke-30

TECHCOMP

Chromatography Analysis Report

A4B3

Chrom. File Name : C:\D-7900E\ChrData\A4B3

Method Name : Biogas Porapak Q (Area ESTD)

Instrument Condition :

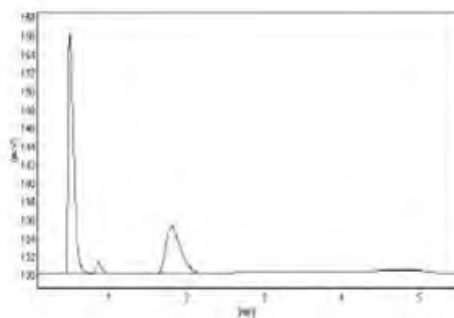
Inst. Model : GC7900

Detector : TCD, Temp = 200C, Current: 80 mA

Inlet : CIP, Temp = 80 C

Coloumn : Porapak Q

Oven : 43C (8 min)



### General Result

Nos	Compound Name	R.Time	Height	Area	Area%	Type
1	Udara	0.470	26045	126741	63.4133	BV
2	Methane	0.848	1296	6953	3.42467	VB
3	CO2	1.79	5140	67325	33.16202	BB
TOTAL			32461	203019	99.99999	

Date/Time : 04/04/2018 09:15:27

Page 1



## B.28 Uji Lab TKN

### B.28.1 Uji Lab TKN Hari ke-6



Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur  
LABORATORIUM PENGLIJIAN TERPADU

Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar, Surabaya 60294, Telp. 031-8708286, E-Mail: [lpupnjatim@gmail.com](mailto:lpupnjatim@gmail.com)



#### LAPORAN HASIL PENGLIJIAN

Nomor : P/028/V/2018

#### Customer

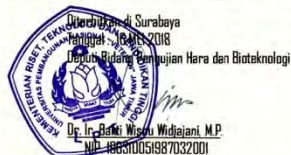
Nama : TRIFENA III  
Alamat / Telp : ITS SURABAYA

#### Sampel

Jenis : Fases Sapi & Sampah Sayur  
Diterima Tanggal : 27 Maret 2018  
Diskripsi : fases Sapi & Sampah sayur dalam plastik  
Tanggal Pengujian : 28 Maret 2018

#### Hasil Pengujian

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil	Metode / Alat
1.	A1	N - TOTAL	%	0.09	LPT/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
2.	A2	N - TOTAL	%	0.10	LPT/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
3.	A3	N - TOTAL	%	0.36	LPT/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
4.	A4	N - TOTAL	%	0.12	LPT/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
5.	A5	N - TOTAL	%	0.10	LPT/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
6.	A6	N - TOTAL	%	0.09	LPT/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
7.	A7	N - TOTAL	%	0.09	LPT/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
8.	A8	N - TOTAL	%	0.07	LPT/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
9.	A9	N - TOTAL	%	0.10	LPT/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
10.	A10	N - TOTAL	%	0.15	LPT/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
11.	A11	N - TOTAL	%	0.11	LPT/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
12.	A12	N - TOTAL	%	0.10	LPT/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
13.	A13	N - TOTAL	%	0.11	LPT/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
14.	A14	N - TOTAL	%	0.21	LPT/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
15.	A15	N - TOTAL	%	0.10	LPT/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
16.	A16	N - TOTAL	%	0.16	LPT/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)



#### Keterangan:

1. Laboratorium tidak melakukan pengambilan sampel
2. Hasil uji hanya berlaku untuk sampel tersebut diatas
3. \*) di luar ruang lingkup akreditasi KAN

Dokumen tidak terkendali apabila digandakan

Halaman 1 dari 1

## B.28.2 Uji Lab TKN Hari ke-12



Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur  
**LABORATORIUM PENELITIAN TERPADU**  
 Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar, Surabaya 60294, Telp. 031-8708285, E-Mail: [lpj@upn-jember.ac.id](mailto:lpj@upn-jember.ac.id)



### LAPORAN HASIL PENELITIAN

Nomor : P/030/V/2018

#### Customer

Nama : TRIFENA IV  
 Alamat / Telp : ITS SURABAYA

#### Sampel

Jenis : Feses sapi dan Sampah sayur  
 Diterima Tanggal : 23 April 2018  
 Deskripsi : Sampel dalam kondisi baik dalam botol plastic  
 Tanggal Pengujian : 24 April 2018

#### Hasil Pengujian :

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Setoran	Hasil	Metode / Alat
1.	A1	N - TOTAL	%	0.19	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
2.	A2	N - TOTAL	%	0.23	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
3.	A3	N - TOTAL	%	0.17	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
4.	A4	N - TOTAL	%	0.24	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
5.	A101	N - TOTAL	%	0.23	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
6.	A201	N - TOTAL	%	0.21	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
7.	A301	N - TOTAL	%	0.19	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
8.	A401	N - TOTAL	%	0.18	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
9.	A102	N - TOTAL	%	0.20	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
10.	A202	N - TOTAL	%	0.21	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
11.	A302	N - TOTAL	%	0.19	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
12.	A402	N - TOTAL	%	0.17	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
13.	A103	N - TOTAL	%	0.21	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
14.	A203	N - TOTAL	%	0.19	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
15.	A303	N - TOTAL	%	0.20	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
16.	A404	N - TOTAL	%	0.28	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)



#### Keterangan:

1. Laboratorium tidak melakukan pengaliran sampel
2. Hasil uji hanya berlaku untuk sampel tersebut diatas
3. \*) di luar ruang lingkup akreditasi KAN

Dokumen tidak terdistribusikan kepada klien

Halaman 1 dari 1

### B.28.3 Uji Lab TKN hari ke-18



Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

LABORATORIUM PENGILIHAN TERPADU

J. Raya Rungkat Media Taring Anyar, Surabaya 60294, Telp. 031-8702296, E-Mail: [hyptm@tin@gmail.com](mailto:hyptm@tin@gmail.com)



## LAPORAN HASIL PENGILAMAN

Number: P/7037/V/2108

## Customer

Nama : TRIFENA V  
Alamat / Telp : ITS SURABAYA


## Sampel

Jenis	: Ficus Sapi & Sampah Sayur
Diterima Tanggal	: 9 April 2018
Dikirim	: Sampel Dalam botol plastic kecil
Tanggal Pengujian	: 10 April 2018

### Hard Persuasion

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil	Metode / Alat
1.	A1	N - TOTAL	%	0,15	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
2.	A2	N - TOTAL	%	0,17	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
3.	A3	N - TOTAL	%	0,15	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
4.	A4	N - TOTAL	%	0,13	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
5.	A4B	N - TOTAL	%	0,19	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
6.	A2B	N - TOTAL	%	0,18	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
7.	A3B	N - TOTAL	%	0,23	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
8.	A4B	N - TOTAL	%	0,23	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
9.	A1B2	N - TOTAL	%	0,72	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
10.	A2B2	N - TOTAL	%	0,16	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
11.	A3B2	N - TOTAL	%	0,18	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
12.	A4B2	N - TOTAL	%	0,22	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
13.	A1B3	N - TOTAL	%	0,18	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
14.	A2B3	N - TOTAL	%	0,19	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
15.	A3B3	N - TOTAL	%	0,18	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
16.	A4B4	N - TOTAL	%	0,24	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)



Surabaya  
2018  
Anggitan Rara dan Bioteknologi  
  
Widiyanti, M.P.  
054957032100

### Estimation

1. Literaturium tidak melakukan pengembalian sampel
2. Hasil uji hanya berlaku untuk sampel tersebut diatas
3. \*) di luar ruang lingkup simediasi KAN

Polimerasi yang terbentuk adalah dispersi

### Hydrogen Peroxide

## B.28.4 Uji Lab TKN Hari ke-30



Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur  
LABORATORIUM PENGUJIAN TERPADU

Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar, Surabaya 60294, Telp. 031-8708286, E-Mail: [labtest@upn.ac.id](mailto:labtest@upn.ac.id)



### LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nomor: P/043/VI/2018

#### Customer

Nama : TRIFENA VII (PD4U)

Alamat / Telp : ITS SURABAYA

#### Sampel

Jenis : Limbah organik dan Campuran pupuk dengan sampah

Diterima Tanggal : 20 April 2018

Diskripsi : Sampel dalam Kantong Plastik

Tanggal Pengujian : 21 April 2018

#### Hasil Pengujian

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil	Metode / Alat
1.	A1	N - TOTAL	%	0.19	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
2.	A2	N - TOTAL	%	0.10	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
3.	A3	N - TOTAL	%	0.10	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
4.	A4	N - TOTAL	%	0.17	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
5.	A181	N - TOTAL	%	0.18	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
6.	A281	N - TOTAL	%	0.09	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
7.	A381	N - TOTAL	%	0.10	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
8.	A481	N - TOTAL	%	0.07	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
9.	A182	N - TOTAL	%	0.21	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
10.	A282	N - TOTAL	%	0.09	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
11.	A382	N - TOTAL	%	0.12	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
12.	A482	N - TOTAL	%	0.07	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
13.	A183	N - TOTAL	%	0.35	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
14.	A283	N - TOTAL	%	0.12	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
15.	A383	N - TOTAL	%	0.21	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
16.	A483	N - TOTAL	%	0.09	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)

Diterbitkan di Surabaya

Tanggal : 06 JUNI 2018

Deputi Bidang Pengujian Hara dan Bioteknologi

Dr. Ir. Galti Wiroso Widjajanti, M.P.  
NIP. 19630051987032001

#### Keterangan:

1. Laboratorium tidak melakukan pengambilan sampel
2. Hasil uji hanya berlaku untuk sampel tersebut diatas
3. \*) di luar ruang lingkup akreditasi KAN

Dokumen tidak terkecuali apabila di perbaiki

Halaman 1 dari 1

## B.28.5 Uji Lab TKN Hari ke-40



Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur  
**LABORATORIUM PENGUJIAN TERPADU**  
 Jl. Raya Rongkut Madya Gunung Anyar, Surabaya 60294, Telp. 031-8708286, E-Mail: [labstatw@gmail.com](mailto:labstatw@gmail.com)



### LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nomor : P/047/VI/2018

#### Customer

Nama : TRIFENA Wili (POS4)  
 Alamat / Telp : ITS SURABAYA

#### Sampel

Jenis : Limbah organik dan Campuran pupuk dengan sampah

Diterima Tanggal : 05 Mei 2018  
 Deskripsi : Sampel dalam Kantong Plastik  
 Tanggal Pengujian : 10 Mei 2018

#### Hasil Pengujian :

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil	Metode / Alat
1.	A181	N - TOTAL	%	0.77	LPI/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
2.	A281	N - TOTAL	%	0.13	LPI/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
3.	A381	N - TOTAL	%	0.15	LPI/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
4.	A481	N - TOTAL	%	0.09	LPI/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
5.	A182	N - TOTAL	%	0.11	LPI/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
6.	A282	N - TOTAL	%	0.12	LPI/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
7.	A382	N - TOTAL	%	0.13	LPI/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
8.	A482	N - TOTAL	%	0.09	LPI/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
9.	A183	N - TOTAL	%	0.10	LPI/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
10.	A283	N - TOTAL	%	0.13	LPI/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
11.	A383	N - TOTAL	%	0.77	LPI/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)
12.	A483	N - TOTAL	%	0.10	LPI/No.20-02.8/IKP (Spectrofotometri)

Diterbitkan di Surabaya  
 Tanggal : 08 JUNI 2018  
 Deputi Bidang Pengujian Hara dan Bioteknologi

Dr. Ir. Bakti Wisnu Widiajanti, M.P.  
 NIP. 19630051987032001

#### Keterangan:

1. Laboratorium tidak melakukan pengambilan sampel
2. Hasil uji hanya berlaku untuk sampel tersebut diatas
3. \*) di luar ruang lingkup akreditasi KAN

Selama tidak tertera nilai analisis dipertahankan

Rakomir I dari

## B.28.6 Uji lab TKN Hari ke-50



Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur  
LABORATORIUM PENGIJIAN TERPADU

Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar, Surabaya 60294, Telp. 031-8708286, E-Mail: [labpangan@upn.ac.id](mailto:labpangan@upn.ac.id)



### LAPORAN HASIL PENGIJIAN

Nomor : P/045/VI/2018

#### Customer

Nama : TRIFENA IX POSS  
Alamat / Telp : ITS SURABAYA

#### Sampel

Jenis : Limbah organik dan Campuran pupuk dengan sampah

Diterima Tanggal : 09 MEI 2018  
Diskripsi : Sampel dalam Kantong Plastik  
Tanggal Pengujian : 10 MEI 2018

#### Hasil Pengujian

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil	Metode / Alat
1.	A181	N - TOTAL	%	0.13	LPI/No.20-02.8/NP (Spectrofotometri)
2.	A281	N - TOTAL	%	0.12	LPI/No.20-02.8/NP (Spectrofotometri)
3.	A381	N - TOTAL	%	0.12	LPI/No.20-02.8/NP (Spectrofotometri)
4.	A481	N - TOTAL	%	0.10	LPI/No.20-02.8/NP (Spectrofotometri)
5.	A182	N - TOTAL	%	0.17	LPI/No.20-02.8/NP (Spectrofotometri)
6.	A282	N - TOTAL	%	0.14	LPI/No.20-02.8/NP (Spectrofotometri)
7.	A382	N - TOTAL	%	0.16	LPI/No.20-02.8/NP (Spectrofotometri)
8.	A482	N - TOTAL	%	0.20	LPI/No.20-02.8/NP (Spectrofotometri)
9.	A183	N - TOTAL	%	0.14	LPI/No.20-02.8/NP (Spectrofotometri)
10.	A283	N - TOTAL	%	0.15	LPI/No.20-02.8/NP (Spectrofotometri)
11.	A383	N - TOTAL	%	0.17	LPI/No.20-02.8/NP (Spectrofotometri)
12.	A483	N - TOTAL	%	0.25	LPI/No.20-02.8/NP (Spectrofotometri)

Diterbitkan di Surabaya  
Tanggal : 8 JUNI 2018  
Deputi Bidang Pengujian Hara dan Bioteknologi

*[Signature]*  
Dr. Ir. Balth Wistru Widayanti, M.P.  
NP. 196310051987032001

#### Keterangan:

1. Laboratorium tidak melakukan pengambilan sampel
2. Hasil uji hanya berlaku untuk sampel tersebut diatas
3. \*) di luar ruang lingkup akreditasi KAN



## B.28.7 Uji Lab TKN Hari ke-60



Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

**LABORATORIUM PENGUJIAN TERPADU**

Jl. Raya Hinglut Madya Gunung Anyar, Surabaja 60294, Telp. 031-8708286, E-Mail: [labtest@upn.ac.id](mailto:labtest@upn.ac.id)



### LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nomor : P/050/VI/2018

#### Customer

Nama : TRIFENA X (POST)

Alamat / Telp : ITS SURABAYA

#### Sampel

Jenis : Limbah organik dan Campuran pupuk dengan sampah

Diterima Tanggal : 21 MEI 2018

Diskripsi : Sampel dalam Kantong Plastik

Tanggal Pengujian : 22 MEI 2018

#### Hasil Pengujian :

No.	Kode Sampel	Parameter Uji	Satuan	Hasil	Metode / Alat
1.	A181	N - TOTAL	%	0,21	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
2.	A281	N - TOTAL	%	0,22	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
3.	A381	N - TOTAL	%	0,26	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
4.	A481	N - TOTAL	%	0,13	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
5.	A182	N - TOTAL	%	0,25	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
6.	A282	N - TOTAL	%	0,19	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
7.	A382	N - TOTAL	%	0,19	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
8.	A482	N - TOTAL	%	0,10	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
9.	A183	N - TOTAL	%	0,17	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
10.	A283	N - TOTAL	%	0,20	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
11.	A383	N - TOTAL	%	0,29	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)
12.	A483	N - TOTAL	%	0,15	LPI/No.20-02.8/WP (Spectrofotometri)

Diterbitkan di Surabaya

Tanggal : 8 JUNI 2018

Deputi Bidang Pengujian Hara dan Bioteknologi

Dr. Ir. Bakti Wisnu Widjaja, N.P.

NIP. 19630051987032001

#### Keterangan:

1. Laboratorium tidak melakukan pengambilan sampel
2. Hasil uji hanya berlaku untuk sampel tersebut diatas
3. \*) di luar ruang lingkup akreditasi KAN

Dokumen tidak terdistribusikan apabila dicontakan

Halaman 1 dari 1

## LAMPIRAN C DOKUMENTASI

### C.1 Reaktor Aklimatisasi dan Reaktor Utama



### C.2 Uji Kadar Air, TS, dan VS





## C.2 Analisa C-Organik



“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## BIOGRAFI PENULIS

TRIFENA KARUNIA

MARBUN, lahir di Surabaya, 11 Juli 1996. Penulis merupakan anak ketiga dari 4 (empat) bersaudara. Anak dari pasangan Djasahir Wilson Marbun, B.E dan Dra. Laksmi Prita Wardani ini menempuh pendidikan formal di SD Santo Carolus Surabaya (2002-2008), SMP Santo carolus Surabaya (2008-2011), dan SMA Santo Carolus Surabaya (2011-2014). Selepas lulus SMA pada tahun 2014, penulis memasuki jenjang S-1 di Departemen

Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui Seleksi Ujian Tulis SBMPTN 2014. Motto hidup penulis adalah **“Jadilah dirimu sendiri dan mengucapkan syukurlah senantiasa”**

Selama menempuh kuliah, penulis cukup aktif di berbagai kegiatan kampus. Penulis pernah menjabat sebagai Ketua Tim Persekutuan Doa Teknik Lingkungan HMTL, ITS, Surabaya (periode 2016-2017) dan Pembimbing Kelompok Kecil Persekutuan Mahasiswa Kristen ITS, Surabaya hingga sekarang. Penulis pernah melakukan Kerja Praktik di Dinas Lingkungan Hidup Kota Probolinggo. Penulis dapat dihubungi di via email di fena11796@gmail.com, nomor: 0896-7782-9871, alamat: Jl. Nanas 3/367, Pondok Tjandra Indah, Sidoarjo, Jawa Timur, 60400.